MANUALUL ELECTRICIANULUI DE EXPLOATARE REȚELE ELECTRICE





ISBN 978-973-712-373-2

Colecția
UNIVERSITARIA
TEHNICA

MANUALUL ELECTRICIANULUI DE EXPLOATARE REȚELE ELECTRICE

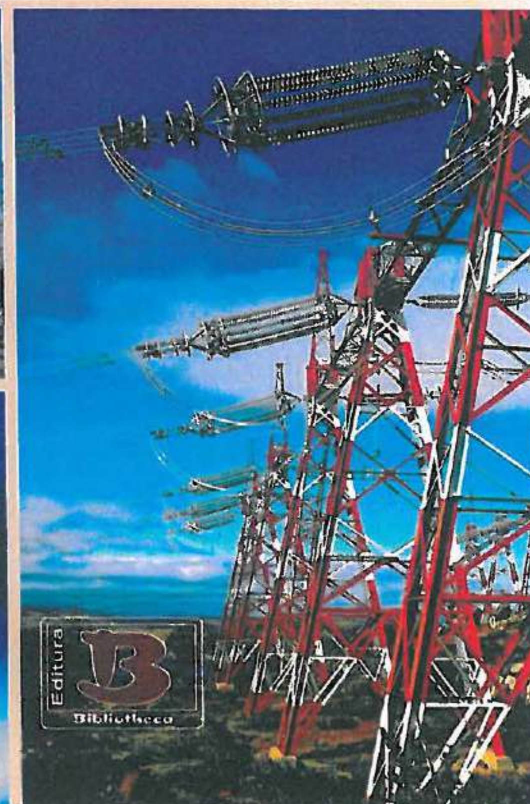
Horia ANDREI   Mihail-Florin STAN   Elena Otilia VÎRJOGHE
Diana ENESCU   Gabriel GORGHIU

MANUALUL ELECTRICIANULUI
DE EXPLOATARE REȚELE ELECTRICE

Pentru cursuri de reconversie profesională







EDITURA Bibliotheca
Târgovişte

• Atestată de Ministerul Culturii şi Cultelor
cu avizul nr. 4363 / 27.05.1997
• Acreditată de Consiliul Naţional al Cercetării
Ştiinţifice din Învăţământul Superior (CNCSIS)
cu avizul nr. 1142 / 30.06.2003,
reacreditată la 1 mai 2006
• Membru al Asociaţiei Editorilor din România – AER
(Romanian Publishers Association – RPA)

N. Radian, KB 2/3, Târgovişte, 130062
tel/fax: 0245.212241; tel. 0245.217145
e-mail: biblioth@gmail.com
www.bibliotheca.ro

Director executiv - Ion Anghel
Editor - Mihai Stan

Coperta - Bibliotheca
Corectură - Horia Andrei, Mihail-Florin Stan
Procesare computerizată - Elena Otilia Vîrjoghe, Mihail-Florin Stan
Tehnoredactare - Ioan Alexandru Muscalu

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României
Manualul electricianului de exploatare reţele electrice : (pentru cursuri de reconversie profesională) / Horia Andrei, Mihail Florin Stan, Elena Otilia Vîrjoghe, ... –
Târgovişte : Bibliotheca, 2008
Bibliogr.
ISBN 978-973-712-373-2

I. Andrei, Horia
II. Stan, Mihail Florin
III. Vîrjoghe, Elena

621.3

HORIA ANDREI • MIHAIL-FLORIN STAN
ELENA OTILIA VÎRJOGHE • DIANA ENESCU
GABRIEL GORGHIU

MANUALUL ELECTRICIANULUI DE EXPLOATARE REŢELE ELECTRICE

•

Pentru cursuri de reconversie profesională

Editura Bibliotheca
Târgovişte, 2008

Colecția

UNIVERSITARIA-TEHNICA

coordonată de conf. univ. dr. ing. Mihail-Florin STAN

CUPRINS

Capitolul 1

NOŢIUNI DE ELECTRICITATE

1.1. Mărimi electrice

1.1.1. Sarcina electrică q

Sarcinile electrice sunt o caracteristică a materiei ce ne înconjoară. Diferite experienţe au indicat că există două tipuri de sarcină: pozitivă şi negativă (Benjamin Franklin,1750). Electronii sunt purtători ai sarcinilor negative care, într-un atom, sunt neutralizate de sarcina pozitivă a protonilor din nucleu Fig.1.1. Sarcina electrică a electronului e = $1{,}602 \cdot 10^{-19}$ C.

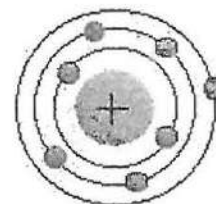


Fig.1.1.

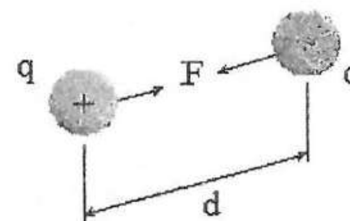


Fig.1.2. Forţa lui Coulomb:

$$F = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{q \cdot q}{d^2}$$

Între sarcini electrice se exercită forţe; ele se pot calcula cu formula lui Coulomb - Fig.1.2.

Unitatea de măsură în sistemul internaţional pentru sarcina electrică este *coulombul (C)*.

Corpurile încărcate cu sarcină electrică creează în jurul lor *câmp electric*. Acesta este caracterizat de mărimea vectorială numită *intensitatea câmpului electric*, notată $\vec{E}$ – Fig.1.3.

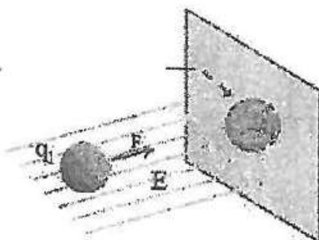


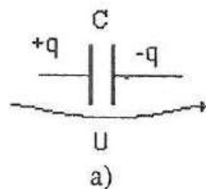
Fig.1.3. Intensitatea câmpului electric: $\vec{E} = \dfrac{\vec{F}}{q_1}$

Pentru a deplasa o sarcină electrică într-un câmp electric este necesar un lucru mecanic *L*. Se definește *potențialul electric V* ca fiind raportul dintre lucrul mecanic necesar ca să aduc într-un punct al câmpului electric un corp, de la o distanță foarte mare și sarcina electrică a acestui corp.

Diferența de potențial electric între două puncte se numește *tensiune electrică*. Se notează cu *U* iar unitatea de măsură este *volt* (V).

1.1.2. Condensator electric.

Este elementul de circuit având simbolul ilustrat în Fig.1.4 și care este caracterizat prin mărimea pozitivă numită *capacitate electrică*, notată *C*. Unitatea de măsură pentru capacitate electrică este *farad* (F).



a)

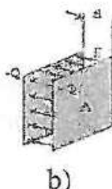

b)

Fig.1.4. Condensator:
a) simbol; b) condensator plan.

Condensatorul electric este realizat din două armături metalice între care se aplică o tensiune electrică *U*. Aceste armături sunt încărcate cu sarcini electrice egale și de semn contrar $+q$ și $-q$.

Un condensator plan are armăturile formate din două plane paralele, de secțiune *A*, aflate la distanța *d* între ele. Capacitatea electrică se calculează, în acest caz, cu relația:

$$C = \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

unde $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ F/m este permitivitatea vidului.

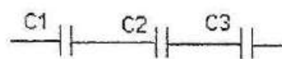
Observații:

• În curent continuu, condensatorul constituie o întrerupere a circuitului.

• În cazul mărimilor variabile în timp, ecuația de funcționare pentru condensator este:

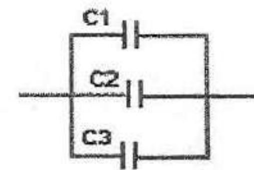
$$i(t) = C \cdot \frac{\Delta u}{\Delta t}$$

În cazul grupării mai multor condensatoare se disting:
- montaj *serie* – Fig.1.5.a:
- montaj *paralel* – Fig.1.5b:



$$\frac{1}{C_e} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Fig.1.5.a.



$$C_e = C_1 + C_2 + C_3$$

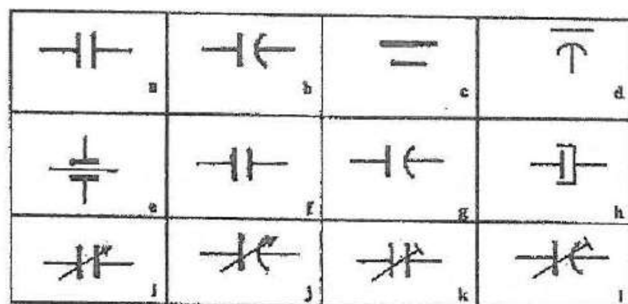
Fig.1.5.b.

Reprezentarea convențională a condensatoarelor electrice în schemele electrice este ilustrată în Fig.1.6.

Condensatoarele sunt marcare în clar sau codificat, prin culori (inele, benzi sau puncte). Indiferent de sistemul de

marcare adoptat, se înscriu obligatoriu următoarele caracteristici: capacitatea nominala C_n,cu unitatea de măsură; toleranța; polaritatea bornelor (doar la condensatoarele electrolitice); tensiunea nominală.

Marcarea în codul culorilor este aplicată mai ales condensatoarelor ceramice – Fig.1.6.



Reprezentarea convențională a condensatoarelor
a) condensator (în general); b) condensator (în general), simbol tolerat; c) condensator de trecere; d) condensator de trecere, simbol tolerat; e) condensator de trecere, simbol nestandardizat; f) condensator electrolitic; g) condensator electrolitic, simbol tolerat; h) condensator electrolitic, simbol nestandardizat; i) condensator variabil; j) condensator variabil, simbol tolerat; k) condensator semireglabil, semiajustabil, trimer; l) condensator semireglabil, semiajustabil, trimer, simbol tolerat.

Fig.1.6.

Ca tipuri constructive se disting:

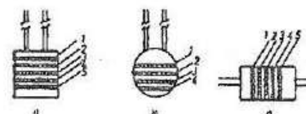
a) Condensatoare fixe

- Condensatoare *ceramice* – folosesc ca material izolant între plăci o ceramică formată din oxizi, silicați, titanați și ziconați ai diferitelor metale, caolin, talc etc.
- Condensatoare *cu hârtie* – realizate prin bobinarea a două folii de aluminiu care alcătuiesc armăturile, separate de două sau mai multe folii de hârtie impregnate.
- Condensatoare cu *peliculă din material plastic* –au armături de aluminiu (folii sau pelicule depuse) între care se află un strat pelicular izolant (polistiren-stiroflex, polietilenă etc.).

- Condensatoare cu mică – armăturile sunt depuse alternativ între straturi de mică.
- Condensatoare electrolitice – folosesc ca dielectric o peliculă foarte subțire de oxid unipolar (Al2O3, Ta2O5,Mb2O3). Una din armături este construită din metalul pe care se obține stratul de oxid dielectric. A doua armătură este un electrolit. Pentru a menține stratul de oxid, armătura metalică trebuie să fie întotdeauna pozitivă față de electrolit, deci aceste condensatoare au polaritate. Variante constructive sunt prezentate în Fig.4.15.

b) Condensatoare variabile

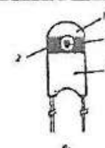
Capacitatea electrică a acestora se poate varia între anumite limite. Capacitatea nominală este, de regulă, valoarea maximă. Legile de variație pot fi: liniar, logaritmic etc.



Marcarea în codul culorilor pentru condensatoare ceramice:
a), c) marcarea completă; b) marcarea numai a valorii nominale. 1 - coeficient de variație cu temperatura; 2 - prima cifră semnificativă; 3 - a doua cifră semnificativă; 4 - coeficient de multiplicare; 5 - toleranța

Codul culorilor pentru marcarea condensatoarelor

Culoarea	Cifra semnificativă	Factor de multiplicare		Toleranțe		Coeficient	Tensiune nominală	
		Condens. ceramice	Condens. cu hârtie	(pF) C≤10 pF	(%) C>10 pF	de temp. [ppm/°C]	condens. [illegible]	condens. [illegible]
negru	0	1	1	±2	±20	0	10	630
maro	1	10	10	±0,1	±1	-33	1,6	
roșu	2	10^2	10^2	±0,25	±2	-75	4	160
portocaliu	3	10^3	10^3	-	±2,5	-150	40	-
galben	4	10^4	10^4	-	±100	-220	6,3	63
verde	5	10^5	-	±0,5	±5	-330	16	250
albastru	6	-	-	-	-	-470	-	25
violet	7	-	-	-	-	-250	-	-
gri	8	10^{-1}	-	-	-20 +50	-2200	25	-
alb	9	10^{-2}	-	±1	±10	+120	2,5	-
auriu			10^{-1}	-		+100		-
argintiu								



a) Marcarea în codul culorilor a condensatoarelor electrolitice cu tantal; 1 - prima cifră semnificativă; 2 - a doua cifră semnificativă; 3 - factor de multiplicare; 4 - tensiunea nominală; b) marcarea în cod a tensiunii nominale la condensatoarele cu stiroflex; 1 - tensiunea nominală

1.2. Curentul electric de conducție

1.2.1. Intensitatea curentului electric

Să considerăm că sarcinile electrice se deplasează în interiorul unui conductor metalic – Fig.1.7. Mişcarea lor creează *curentul electric.*

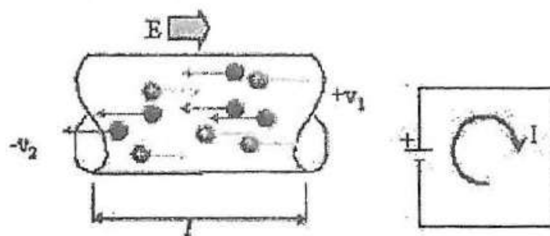


Fig.1.7. Intensitatea curentului electric: $I = \frac{Q}{t}$

Mărimea ce caracterizează curentul electric este *intensitatea curentului electric*, notată *I*, definită prin cantitatea de sarcină electrică ce trece printr-o secțiune a conductorului în unitatea de timp. Unitatea de măsură este *amper* (A) = 1C/1s. Sensul curentului este ales arbitrar cel indicat în Fig.1.7.

Dacă intensitatea curentului rămâne aceeaşi în circuit în timp, este vorba de *curent continuu.* Dacă intensitatea curentului variază în timp este vorba de *curent variabil*; dacă forma de variație este sinusoidală, este vorba de un *curent sinusoidal.*

1.2.2. Putere electrică P

Puterea electrică *P* se poate calcula din valorile tensiunii electrice şi a intensității curentului electric:

$$P = U \cdot I$$

Unitatea de măsură este *watt* (W).

Să considerăm, de exemplu, că de la o centrală se transmite energie electrică pe o linie la tensiunea U = 10 000V şi intensitatea curentului I = 1A – Fig.1.8.



Fig.1.8.

Puterea electrică transmisă este P = 10 000 W.

1.2.3. Energia electrică W

Se defineşte energia electrică ca produsul dintre putere electrică şi timp:

$$W = P \cdot t$$

Unitatea de măsură este *joule* (J) = energia obținută într-o secundă la o putere de 1 W.

De exemplu, o putere de 10 000 W timp de 24 ore conduce la o energie electrică:

$$W = 10000 \cdot 24 \cdot 3600 = 864000000\,\mathrm{J}$$

Deoarece valorile obținute sunt foarte mari, în rețelele electrice se utilizează o unitate tolerată kWh = 1000W·1h. Rezultatul calculului de mai sus se poate scrie ca W = 240 kWh. De exemplu, această valoare este întâlnită la plata energiei electrice. Calculați singuri cât costă 240 kWh dacă prețul este 4000 lei/kWh!

1.3. Rezistoare. Rezistența electrică

Rezistorul este elementul de circuit utilizat pentru:

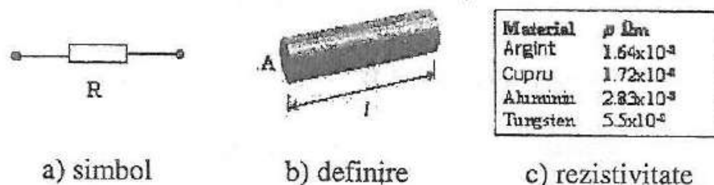
- limitarea curentului în instalații, aparate şi echipamente;
- element încălzitor.

Are simbolul din Fig.1.9.a, fiind caracterizat prin mărimea pozitivă *R*, numită *rezistența electrică* a rezistorului. Rezistența

electrică corelează intensitatea curentului (I) printr-un conductor cu tensiunea electrică U existentă la capetele acestuia:

$$U = RI$$

Relaţia este cunoscută sub numele de *legea lui OHM* pentru o porţiune de circuit. Ea pune în evidenţă proporţionalitatea existentă în fiecare moment între tensiune şi intensitatea curentului, căreia îi corespunde caracteristica liniară din Fig.1.10, a cărei pantă este chiar valoarea rezistenţei electrice a rezistorului.



Material	ρ Ωm
Argint	1.64×10^{-8}
Cupru	1.72×10^{-8}
Aluminiu	2.83×10^{-8}
Tungsten	5.5×10^{-8}

a) simbol b) definire c) rezistivitate

Fig.1.9.

Unitatea de măsură pentru rezistenţă electrică este *ohm* (Ω).



Fig.1.10. Rezistor. Legea lui Ohm.

În cazul unui conductor de secţiune constantă A şi de lungime l – Fig.1.9.b - rezistenţa electrică se determină cu relaţia:

$$R = \rho\frac{l}{A}$$

unde ρ se numeşte *rezistivitate electrică* are ca unitate de măsură Ω·m. Valori pentru materialele conductoare uzuale sunt indicate în tabelul din Fig.1.9.c.

Rezistorul care are rezistenţa electrică nulă se numeşte *scurtcircuit* (conductor perfect). Simbolul şi caracteristica

scurt-circuitului sunt ilustrate în Fig.1.11. Rezistorul de valoare infinită se numeşte *întrerupere* şi are simbolul şi caracteristica prezentată în Fig.1.12.

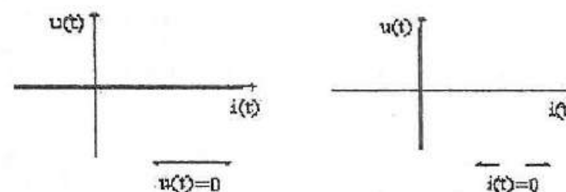


Fig.1.11. Scurtcircuit. *Fig.1.12. Întrerupere.*

Proprietăţi:

- nu poate furniza energie electrică;
- are două borne de acces;
- comportarea sa nu depinde de sensul curentului.

Parametrii nominali ai unui rezistor utilizat ăn circuitele electrice şi electronice:

→ *Rezistenţa nominală* – valoarea (exprimată în Ω) pentru care a fost construit rezistorul;

→ *Toleranţa* (abaterea) admisă faţă de rezistenţa nominală, în plus sau în minus;

→ *Puterea de disipaţie nominală* P_n – puterea (W) ce poate fi degajată de rezistor fără a se încălzi peste limitele admise.

Seriile valorilor nominale ale rezistoarelor care se fabrică în practică alcătuiesc progresii geometrice şi sunt alcătuite în funcţie de clasele de toleranţă – Tabelul 1.1. În cataloagele cu rezistoare produse de diferite firme sunt indicaţi şi alţi parametrii: tensiunea nominală, variaţia rezistenţei în timp etc.

Rezistoarele se pot clasifica după mai multe criterii:

a) tipul constructiv:

-*fixe:*



Tabelul 1.1

E 6 — ±20%

1,00	1,50	2,20	3,3	4,7	6,8

E 12 — ±10%

1,00	1,2	1,5	1,8	2,2	2,7	3,3	3,9	4,7	5,6	6,8	8,2

E 24 — ±5%

1,00	1,10	1,20	1,30	1,50	1,60	1,80	2,0	2,2	2,4	2,7	3,0
3,30	3,60	3,90	4,30	4,70	5,1	5,6	6,2	6,8	7,6	8,2	9,1

E 48 — ±2%

100	105	110	115	121	127	133	140	147	154	162	169
178	187	196	205	215	226	237	249	261	274	287	301
316	332	348	365	383	402	422	442	464	487	511	536
562	590	619	649	681	715	750	787	825	866	909	953

E 96 — ±1%

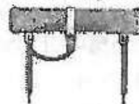
100	102	105	107	110	113	115	118	121	124	127	130
133	137	140	143	147	150	154	158	162	165	169	174
178	182	187	191	196	200	205	210	215	221	226	232
237	243	249	255	261	267	274	383	287	294	301	309
316	324	332	340	348	357	365	374	383	392	402	412
422	432	442	453	464	475	487	499	511	523	536	549
562	576	590	604	619	634	649	665	681	698	715	732
750	768	787	806	825	845	866	887	909	931	953	976

E 192 — ±0,5%

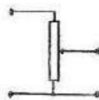
100	101	102	104	105	106	107	109	110	111	113	114
115	117	118	120	121	123	124	126	127	129	130	132
133	135	137	138	140	142	143	145	147	149	150	152
154	156	158	160	162	164	165	167	169	172	174	176
178	180	182	184	187	189	191	193	196	198	200	203
205	208	210	213	215	218	221	223	226	229	232	234
237	240	243	246	249	252	255	258	261	264	267	271
274	277	280	284	287	291	294	298	301	305	309	312
316	320	324	328	332	336	340	344	348	352	357	361
365	370	374	379	383	388	392	397	402	407	412	417
422	427	432	437	442	448	453	459	464	470	475	481
487	493	499	505	511	517	523	530	536	542	549	556
562	569	576	583	590	597	604	612	619	626	634	642
649	657	665	673	681	690	698	706	715	723	732	741
750	759	768	777	787	796	806	816	825	835	845	856
866	876	887	898	909	920	931	942	953	965	976	988

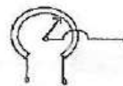
- *variabile:*

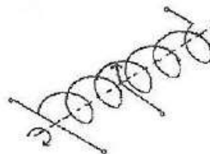
• reostate cu variaţia rezistenţei continuă sau în trepte;



• potenţiometre: rectilinii sau circulare, bobinate sau chimice;







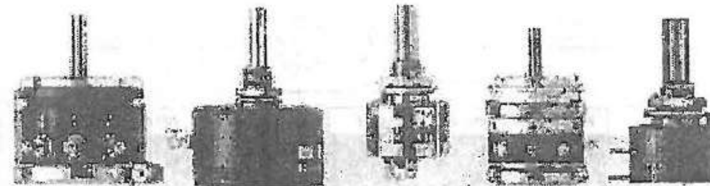


Fig.1.13. Potenţiometre.

b) destinaţie: de uz general; profesionale.
c) după exactitate: de uz curent; de precizie.
d) după mărimea curentului acceptat:
- curenţi slabi: chimice, bobinate, metalice;
- curenţi tari: cu metal, cu lichid.

Marcarea rezistoarelor se poate face : în clar sau prin codul culorilor (prin inele, benzi sau puncte) – Fig.1.14.

Rezistorii se confecţionează din diferite materiale astfel ca să satisfacă un anumit grup de condiţii. Cel mai frecvent sunt întâlniţi rezistorii de sârmă, de carbon şi cei din pelicule metalice.

Rezistorii de sârmă sunt confecţionaţi prin înfăşurarea unei sârme pe un suport izolant. Metalul folosit este, de regulă, un aliaj cu rezistivitate relativ ridicată.

Acest tip de rezistori se utilizează atunci când sunt necesare valori scăzute de rezistenţă electrică (ohmi sau mai puţin), putere disipată mare sau exactitate ridicată.

Rezistorii de carbon constituie un tip răspândit, fiind realizaţi din cărbune presat la cald. Se realizează cu toleranţe mari (5...20%). La exactităţi mai mari se depune un strat fin de carbon pe un suport ceramic.

Rezistorii cu peliculă metalică se obţin prin depunerea unui strat foarte subţire de metal pe un suport izolant.

cod cu 4 benzi
2%, 5%, 10%
560kΩ ± 5%

Culoare	banda 1	banda 2	banda 3	multiplicare	toleranţă
negru	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
maro	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
roşu	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
portocaliu	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
galben	4	4	4	10kΩ	
verde	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
albastru	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
violet	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
gri	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
alb	9	9	9		
auriu				[illegible]	[illegible]
argintiu				0.01	± 10%

0.1%, 0.25%, 0.5%, 1%
237Ω ± 1%
cod cu 5 benzi

Fig.1.14. Codul culorilor pentru rezistoare.

Puterea disipată: $P = RI^2 = \frac{U^2}{R}$

Gruparea rezistoarelor:

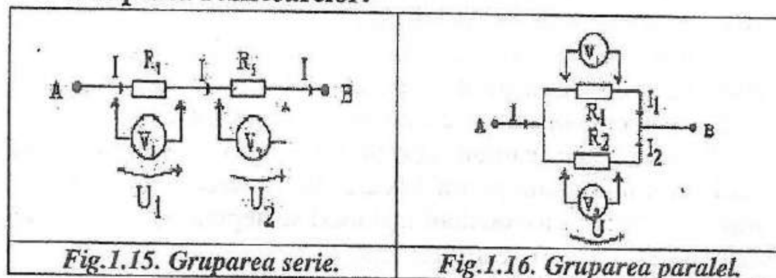


Fig.1.15. Gruparea serie. | *Fig.1.16. Gruparea paralel.*

- Serie ($I_1=I_2=I$) – Fig.1.15: $R_e = \sum R_k$
- Paralel ($U_1=U_2=U$) – Fig.1.16: $\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + ...$

1.4. Surse de alimentare in curent continuu

1.4.1. Surse de curent continuu de tip electrochimic

Generatoarele electrochimice (pile, baterii, acumulatoare) au dominat tehnica măsurărilor electrice până prin anii '60, după care început să fie înlocuite treptat cu generatoare cu alimentare de la reţea, mult mai economice. În prezent, generatoarele electrochimice sunt utilizate la aparatele portabile, asigurând autonomia acestora, lipsa paraziţilor de tip electric şi a precauţiilor în privinţa conectării la masă.

Simboluri pentru aceste surse:

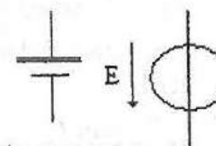


Fig.1.17. Simboluri pentru surse de c.c.

Mărimile caracteristice sunt: tensiunea electromotoare *E* si rezistenţa internă *r*.

► Baterii

La înseriere, pentru obţinerea tensiunii dorite, bateriile trebuie să fie de acelaşi tip şi din acelaşi lot de fabricaţie. Dacă una din baterii se uzează mai repede se înlocuieşte întreg setul înseriat. În plus, solicitarea (conectarea în circuit) trebuie să fie cu intermitenţe pentru ca bateriile să-şi poată reveni. Pe durate mai mari de nefolosire, de ordinul săptămânilor, bateriile se scot din aparat deoarece există riscul corodării acestuia de către lichidul care se poate scurge din baterii, scurgere datorată, în principal, îmbătrânirii acestora.

Se întâlnesc următoarele tipuri de baterii: Zinc-carbon, Alcaline, Litiu, Nichel-Cadmiu (NiCd), NiMH, Oxid de argint (Zn/Ag_2O). În Fig.1.18 sunt prezentate câteva variante constructive.

Caracteristicile tehnice ale bateriilor se referă la: tensiunea electromotoare (t.e.m.) E ce apare în urma reacțiilor specifice, rezistența internă r, capacitatea bateriei CA (în Ah), tensiunea limită la descărcare U_{ds} pe o rezistență de sarcină R_{ds} standard și curentul de scurtcircuit I_{sc} - Fig.1.19

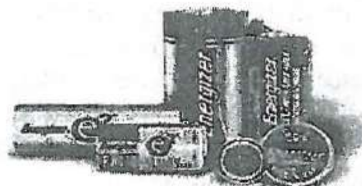


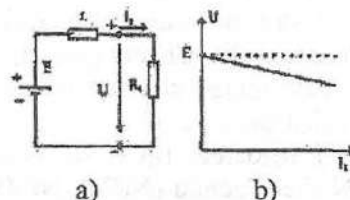
Fig.1.18. Surse de c.c. tip baterie.

În Tabelul 1.2 sunt prezentate valorile acestor parametrii pentru câteva tipuri de baterii.

Tabelul 1.2

Tip	E (V)	r (Ω)	CA (Ah)	U_{ds} (V)	R_{ds} (Ω)	I_{sc} (A)	Masă (g)
R6	1,5	0,35	0,8	0,9	75	3-5	16
R14	1,5	0,25	2,3	0,9	75	4-6	50
R20	1,5	0,1	6	0,9	40	6-8	90
3R12	4,5	1	1,15	2,7	225	4-5	100
6F22	9	100	0,25	5,7	900	0,4-0,6	20

Caracteristica de sarcină a unei baterii este prezentată în Fig.1.19.b.



a) b)

Fig.1.19. Generator electrochimic:
a) reprezentare; b) caracteristica de sarcină.

Bateriile zinc-carbon sunt o sursă economică pentru alimentarea echipamentelor, utilizând materiale ieftine și fiind produse de majoritatea fabricanților în diverse variante constructive.

Bateriile alcaline – fig.1.20 - au performanțe superioare față de bateriile zinc-carbon în privința capacității bateriei, stabilității rezistenței interne, comportării la temperaturi scăzute, pantei caracteristicii de sarcină și densității de energie.

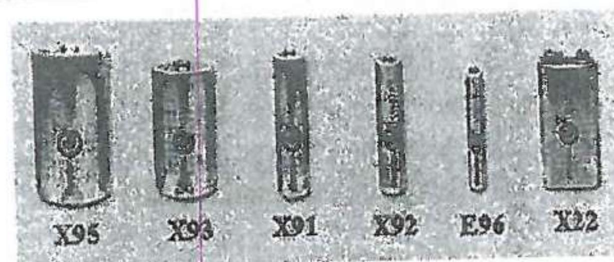


Fig.1.20. Baterii alcaline.

Bateriile zinc-mercur (Zn-HgO) au capacitatea specifică de ordinul a 110 Wh/kg, sensibil mai mare decât la bateriile zinc-carbon (75 Wh/kg) și o durată de viață mai mare (de ordinul anilor). Tensiunea nominală este în jur de 1,2 V/celulă, mult mai stabilă la creșterea gradului de descărcare decât la bateriile zinc-carbon. Bateriile Zn-HgO se fabrică la dimensiuni miniaturale (în formă de pastile).

Bateriile cu litiu au anodul din litiu, iar catodul din FeS_2 (sau alt compus similar).

Bateriile Nichel-Cadmiu au proprietăți remarcabile, având o tensiune la borne practic constantă pe durata descărcării și permițând reîncărcarea. Comportarea la temperaturi extreme este mult mai bună iar costul pe ora de utilizare este redus.

Materialele din care se realizează acest tip de baterie trebuie să suporte cicluri repetate de oxidări și reduceri. Oxidarea electrodului negativ simultan cu reducerea electrodului pozitiv conduce la generarea de energie electrică. Reacțiile sunt

reversibile şi trecerea unui curent electric prin baterie, de la o sursă exterioară, are ca efect reîncărcarea acesteia.

Bateriile NiMH sunt cele care echipează echipamentele electronice actuale, începând cu calculatoarele portabile şi terminând cu telefoanele celulare. O caracteristică tipică de descărcare (în 5 ore) pentru bateria NiMH este prezentată în Fig.1.21.

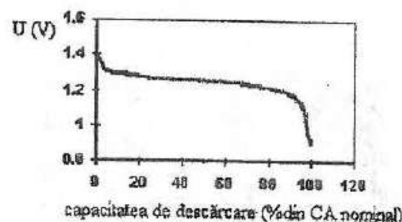


Fig.1.21. Caracteristica unei baterii NiMH.

▶Acumulatoare

Spre deosebire de baterii, acumulatoarele pot fi reîncărcate şi de aceea sunt mai economice. În plus, pot fi realizate la capacităţi mult mai mari (zeci de Ah). Tipurile de acumulatoare cele mai răspândite sunt: acumulatoare cu plăci de plumb (2V/celulă; 35Ah/kg) şi nichel-cadmiu (1,2V, 35 Ah/kg).

1.4.2. Surse de curent continuu alimenta de la reţeaua electrică

Aceste surse sunt mult mai economice decât cele electrochimice şi pot debita puteri mult mai mari (zeci, sute de W), însă pun probleme de compatibilitate electromagnetică şi necesită stabilizarea tensiunii de ieşire.

Schema de principiu a unui generator de c.c. alimentat de la reţea este prezentată în Fig.1.22.a, în care notaţiile au următoarea semnificaţie: TA – transformatorul de alimentare,

RA/FN – redresorul de alimentare/filtru de netezire, ST – stabilizatorul de tensiune, *U* - tensiunea de ieşire.

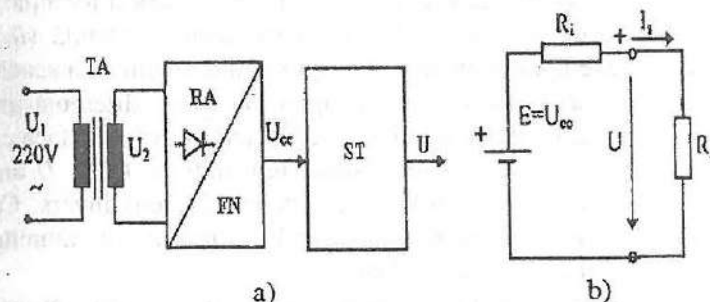


Fig.1.22. Generator de c.c. cu alimentare de la reţea:
a) schema bloc; b) schema echivalentă.

Sursele cu stabilizator de tensiune realizează o stabilizare de bună calitate însă au randament scăzut deoarece reglarea tensiunii *U* implică disipare de căldură pe un rezistor. Schemele cu stabilizare liniară prezintă o mare varietate de soluţii, cele mai utilizate pentru generatoarele cu destinaţie metrologică fiind schemele cu reglare serie. Acestea se adaptează foarte uşor şi la stabilizarea curentului.

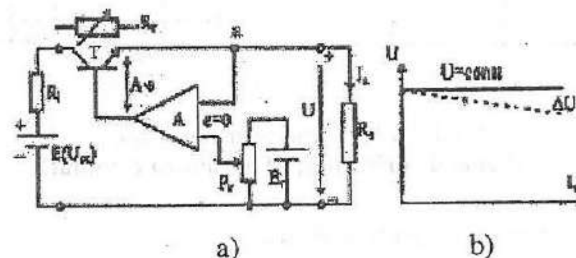


Fig.1.23. Stabilizator de tensiune liniar:
a) schemă; b) caracteristica de sarcină.

Schema de principiu a unui stabilizator de tensiune serie este prezentată în Fig.1.23.a, unde notaţiile au următoarea

semnificație: E_r – tensiunea de referință (Zener), P_r – potențiometru reglabil pentru reglarea nivelului tensiunii de ieșire U, A – amplificatorul de eroare (amplificator diferențial), T – tranzistor de putere utilizat ca rezistență reglabilă (R_r). Dacă, de exemplu, tensiunea de ieșire U are tendința să scadă, la intrarea amplificatorului A apare o mică diferență de tensiune (e) care, după amplificarea cu factorul A ($A \cdot e$), face ca R_r să scadă, cu efect în restabilirea tensiunii U. Când U are tendința să crească, se produc fenomenele în sens invers. Ca rezultat, tensiunea U rămâne constantă la variațiile (în anumite limite) ale lui E și I_s (Fig.1.23.b).

În prezent se manifestă tendința de trecere la *stabilizatoare în comutație* la care randamentul atinge valori de 70-90%. La acest tip de surse elementul reglabil T lucrează în comutație, ceea ce face ca puterea disipată să fie mult mai redusă.

Schema unui stabilizator în comutație cuprinde un întrerupător electronic (K) ce basculează o frecvență de ordinul kHz, un circuit acumulator de energie electromagnetică (*LC*) și un bloc de comandă (BC) - Fig.1.24.

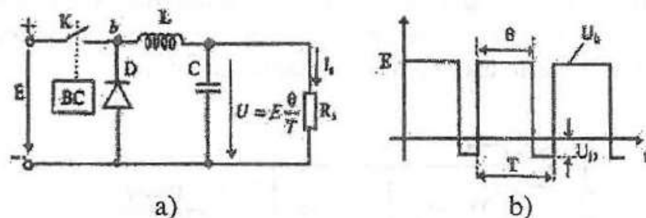


Fig.1.24. Stabilizator în comutație:
a) schema de principiu; b) tensiunea comutată.

1.5. Teoremele electrotehnicii

1.5.1. Teoremele lui Kirchhoff

Prima teoremă a lui Kirchhoff afirmă că: *„Pentru orice nod al unei rețele electrice, suma algebrică a curenților din laturile ce concură în acel nod este nulă”.*

$$\sum I_k = 0$$

A doua teoremă a lui Kirchhoff afirmă că: *„Pentru orice ochi de rețea, suma algebrică a tensiunilor electromotoare E_k este egală cu suma algebrică a căderilor de tensiune U_k de pe laturile ochiului respectiv”.*

$$\sum_{k \in [o]} E_k = \sum_{k \in [o]} U_k$$

1.5.2. Teorema Thévenin - Fig.1.25

Teorema Thévenin (a generatorului echivalent de tensiune) permite calculul curentului I_{AB} (ce străbate rezistorul) cu relația:

$$I_{AB} = \frac{U_{ABgol}}{R_{AB} + R_{AB0}}$$

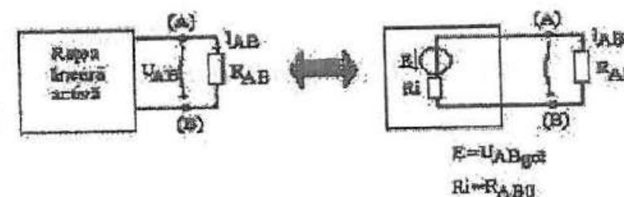


Fig.1.25. Teorema Thévenin.

în care R_{AB0} reprezintă rezistența echivalentă a rețelei pasivizate în raport cu bornele (A) și (B) după eliminarea rezistorului R_{AB}, iar U_{ABgol} reprezintă tensiunea de mers în gol, adică tensiunea care se stabilește între bornele (A) și (B) atunci când rezistorul R_{AB} este scos, restul rețelei active nefiind modificat - Fig.1.25.

1.5.3. Teorema Norton

Teorema lui Norton (generatorul echivalent de curent) permite calculul tensiunii U_{AB} la bornele rezistorului R_{AB} cu relația:

$$U_{AB} = \frac{I_{ABsc}}{G_{AB} + G_{AB0}}$$

unde $G_{AB} = 1/R_{AB}$, G_{AB} este conductanța echivalentă a rețelei pasivizate în raport cu bornele (A) și (B) după eliminarea rezistorului R_{AB}, iar I_{ABsc} reprezintă curentul de scurtcircuit (curentul care străbate un scurtcircuit realizat între bornele (A) și (B) când restul rețelei active rămâne nemodificat ca structură).

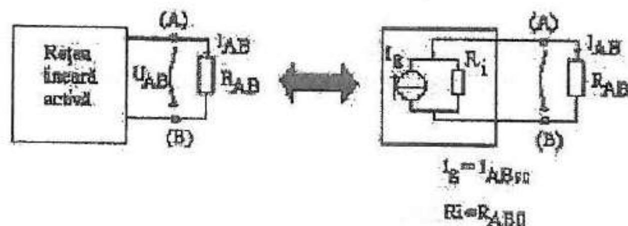


Fig.1.26. Teorema Norton.

Capitolul 2

NOȚIUNI DE MAGNETISM

2.1. Mărimi

Experiențele au dovedit că anumite substanțe (de exemplu, magnetita) exercită asupra unor corpuri (fier, cobalt, nichel) *forțe și cupluri*. Aceste substanțe sunt în stare de *magnetizare* iar acțiunile exercitate de ele se transmit, din aproape în aproape, prin intermediul unui sistem fizic asociat lor, numit *câmp magnetic*.

Câmpul magnetic poate fi produs de:
- magneții permanenți;
- curenții electrici de conducție ce străbat conductoare electrice;
- corpurile încărcate cu sarcini electrice aflate în mișcare;
- câmpuri electrice variabile în timp.

Pentru a exprima cantitativ proprietățile câmpului magnetic se utilizează mărimea fizică vectorială numită *inducție magnetică*, notată cu simbolul $\vec{B}$.

Inducția magnetică $\vec{B}$ este o mărime fizică vectorială al cărui modul este egal cu raportul dintre forța cu care acel câmp magnetic acționează asupra unui conductor rectiliniu, perpendicular pe liniile câmpului magnetic și produsul dintre intensitatea curentului din conductor și lungimea conductorului aflat în câmp magnetic.

Unitatea de măsură a inducției magnetice se numește *tesla* (T)

Intensitatea câmpului magnetic $\vec{H}$ este definită ca raportul dintre inducţia magnetică $\vec{B}$ şi permeabilitatea magnetică absolută μ_r a mediului respectiv.

Fluxul magnetic Φ reprezintă numărul de linii de câmp care trec printr-o suprafaţă aşezată perpendicular pe direcţia lor. Unitatea de măsură este **weber** (Wb)

Inductivitatea proprie L reprezintă raportul dintre fluxul magnetic printr-o suprafaţă S şi intensitatea curentului care l-a produs:

$$L = \frac{\Phi_S}{i}$$

Unitatea de măsură este *henry* (H).

Dacă se consideră două circuite electrice, atunci caracterizarea cuplajului magnetic dintre cele două circuite poate fi făcută cu ajutorul ***inductivităţii mutuale***.

Dacă cele două circuite au N_1, respectiv N_2 spire, atunci în cazul alimentării circuitului 1 cu curentul i_1, circuitul 2 fiind în gol (i_2=0), se poate defini inductivitatea mutuală L_{21} a circuitului 1 în raport cu circuitul 2:

$$L_{21} = \frac{\Phi_{21}}{i_1} \gtrless 0$$

unde cu Φ_{21} s-a notat fluxul determinat într-o suprafaţă deschisă care se sprijină pe conturul bobinei 2.

Similar, se poate defini inductivitatea mutuală L_{12} a bobinei 2 în raport cu bobina 1:

$$L_{12} = \frac{\Phi_{12}}{i_2} \gtrless 0$$

Pentru medii izotrope, omogene şi liniare, cele două inductivităţi mutuale sunt egale: $L_{12} = L_{21}$.

2.2. Bobina ideală liniară

Este elementul de circuit având simbolul ilustrat în Fig.2.2, caracterizat prin mărimea pozitivă numită inductivitatea proprie L a bobinei. În cazul unei bobine cu N spire bobinate pe lungimea l, spirele având aria A – Fig.2.1, inductivitatea proprie se determină cu relaţia:

$$L = \mu\frac{N^2A}{L}$$

unde μ este permeabilitatea absolută a materialului din interiorul bobinei ($\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$, unde $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ este permeabilitatea aerului iar μ_r este permeabilitatea relativă a materialului).

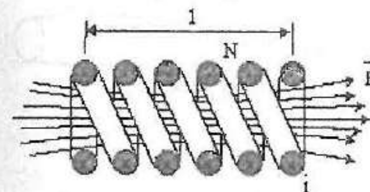


Fig.2.1. Bobină (solenoid)

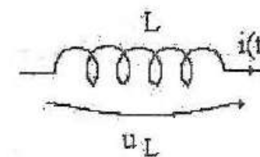


Fig.2.2. Bobina ideală.

Această mărime este constantă în timp şi independentă de valorile tensiunii, respectiv intensităţii curentului electric.

Ecuaţia de funcţionare indică legătura între tensiunea la bornele bobinei şi variaţia în timp a curentului electric:

$$u_L = L \cdot \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

2.3. Circuite magnetice

2.3.1. Definiţii

Un circuit magnetic este o cale de închidere a liniilor de câmp magnetic prin structurile electromecanice. El cuprinde zone de material feromagnetic (oţel electrotehnic, magneţi

permanenţi), zone de aer (întrefieruri) şi zone de materiale nemagnetice (conductoare, izolanţi).

Un exemplu tipic de circuit magnetic este prezentat în Fig.2.3, circuitul apărând sub forma unui inel toroidal din material feromagnetic (miez feromagnetic), cu un întrefier de lungime δ şi cu o înfăşurare conductoare având N spire.

Un tub de inducţie magnetică este definit prin ansamblul liniilor de inducţie care trec printr-un contur închis C (Fig.2.4).

Reluctanţa magnetică este o mărime ce caracterizează o porţiune de circuit magnetic parcursă de acelaşi flux magnetic

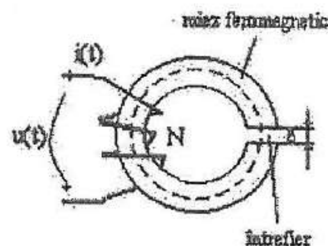


Fig.2.3. Circuit magnetic.



Fig.2.4. Tub de inducţie magnetică.

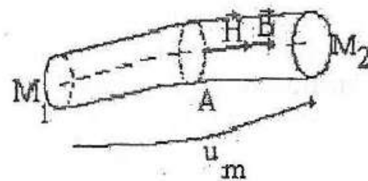


Fig.2.5. Referitor la calculul reluctanţei magnetice.

Tensiunea magnetică de-a lungul tronsonului (Fig.2.5) fiind:

$$u_m = \sum \frac{\vec{B}}{\mu} \cdot \Delta \vec{l}$$

se defineşte **reluctanţa magnetică** R_m a tronsonului:

$$R_m = \frac{u_m}{\Phi}$$

cu unitatea de măsură henry la puterea minus unu (H^{-1}). Mărimea $\Lambda = R_m^{-1}$ se numeşte **permeanţă.**

Pentru porţiuni de circuit (Fig.2.6) de lungime l, secţiune constantă A şi material magnetic de permeabilitate magnetică constantă μ, reluctanţa magnetică are expresia:

$$R_m = \frac{l}{\mu \cdot A}$$

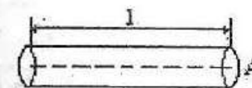


Fig.2.6.Reluctanţa tronsonului



Fig.2.7.Circuit magnetic fără întrefier

Proprietăţile specifice reluctanţelor şi permeanţelor:

- conectarea în serie : $R_{me} = \sum_k R_{mk}$
- conectarea în paralel: $\Lambda_e = \sum_k \Lambda_k$

2.3.2. Circuitul magnetic

Un circuit magnetic fără întrefier este realizat cu un miez feromagnetic – Fig.2.7. Prin aplicarea teoremei lui Ampère, rezultă:

$$\frac{B}{\mu} l = \Theta$$

unde $\Theta = NI$ reprezintă **solenaţia.**

Legea fluxului magnetic afirmă că fluxul magnetic printr-o suprafață închisă $\sum$ este, în fiecare moment, nul.

Utilizând această lege rezultă:

$$R_m \cdot \Phi = \Theta,$$

cu:

$$R_m = l / \mu \cdot A$$

Pentru o solenație dată, cu cât reluctanța magnetică a circuitului este mai mică, cu atât fluxul magnetic printr-o secțiune a acestui circuit este mai mare.

În cazul circuitului magnetic cu întrefier prezentat în Fig.2.3, teorema lui Ampère aplicată pe linia mediană a torului conduce la relația:

$$\frac{B_{Fe}}{\mu} \cdot l_{Fe} + \frac{B_\delta}{\mu_0} \cdot \delta = N \cdot i$$

Punând condiția de conservare a fluxului magnetic în cele două zone:

$$\Phi_{Fe} = \Phi_\delta, \; B_{Fe} \cdot A = B_\delta \cdot A$$

se obține expresia reluctanței magnetice a acestui circuit:

$$R_m = \frac{l_{Fe}}{\mu_{Fe} \cdot A} + \frac{\delta}{\mu_0 \cdot A}$$

Se poate pune în evidență o analogie între un circuit magnetic și un circuit electric, pe baza echivalenței:

reluctanță magnetică ⇔ rezistență electrică

solenație ⇔ tensiune electrică

flux magnetic ⇔ intensitatea curentului

Circuitul magnetic prezentat în Fig.2.3 are schema echivalentă din Fig.2.8, unde expresiile reluctanțelor sunt:

$$R_{Fe} = \frac{l_{Fe}}{\mu_{Fe} \cdot A} \quad R_\delta = \frac{\delta}{\mu_0 \cdot A}$$

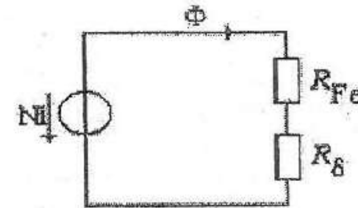


Fig.2.8. Circuitul echivalent al structurii din Fig.2.3

În Fig.2.9 sunt prezentate diferite circuite magnetice.

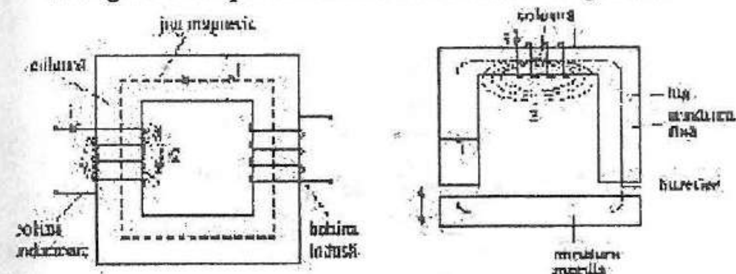


Fig.2.9. Circuite magnetice

Se prezintă un exemplu de calcul pentru un circuit magnetic pe baza analogiei cu un circuit electric. Un electromagnet cu două întrefieruri (Fig.2.10) este excitat cu o bobină concentrică cu N = 120 spire situată pe coloana centrală. Prin conductoare trece I = 10A. Miezul are $\mu_r = 500$. Se înlocuiește sistemul printr-un circuit magnetic echivalent (Fig.2.11). Pentru aceasta se determină reluctanțele fiecărui tronson de secțiune constantă.

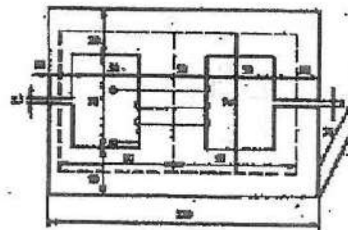


Fig.2.10. Electromagnet.

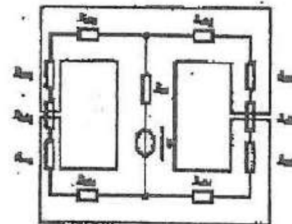


Fig.2.11. Schema echivalentă.

$$R_{me} = \frac{0,07}{500\mu_0\, 0,03 \cdot 0,03} = 1,238 \cdot 10^4\ H^{-1}$$

$$R_{mhd} = \frac{0,055}{500\mu_0\, 0,03 \cdot 0,02} = 1,459 \cdot 10^5$$

$$R_{mhg} = \frac{0,05}{500\mu_0\, 0,03 \cdot 0,02} = 1,326 \cdot 10^5$$

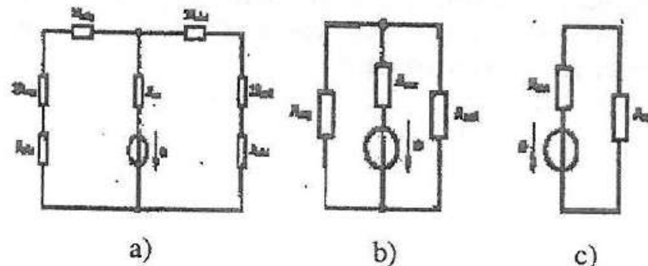
$$R_{mvd} = \frac{0,0343}{500\mu_0\, 0,03 \cdot 0,02} = 0,915 \cdot 10^5$$

$$R_{mvg} = \frac{0,03375}{500\mu_0\, 0,03 \cdot 0,01} = 1,790 \cdot 10^5$$

$$R_{m\delta d} = \frac{0,001}{\mu_0\, 0,03 \cdot 0,02} = 13,263 \cdot 10^5$$

$$R_{m\delta g} = \frac{0,0025}{\mu_0\, 0,03 \cdot 0,01} = 66,315 \cdot 10^5$$

Schemele echivalente succesive sunt prezentate în Fig.2.12.



a) b) c)

Fig.2.12.Transfigurări succesive.

$$R_{md} = 2R_{mhd} + 2R_{mvd} + R_{m\delta d} = 18,011 \cdot 10^5$$

$$R_{mg} = 2R_{mhg} + 2R_{mvg} + R_{m\delta g} = 72,548 \cdot 10^5$$

$$R_{mp} = \frac{1}{1/R_{md} + 1/R_{mg}}$$

$$R_{me} = R_{me} + R_{mp} = 15,667 \cdot 10^5$$

$$\Phi_c = \Theta / R_{me} = 120 \cdot 10 / 15,667 \cdot 10^5 = 7,66 \cdot 10^{-4}\, Wb$$

$$\Theta_c = R_{me} \cdot \Phi_c = 94,82\, A$$

$$\Phi_d = (\Theta - \Theta_c)/R_{md} = 6,136 \cdot 10^{-4}\, Wb$$

$$\Phi_d = (\Theta - \Theta_c)/R_{mg} = 1,523 \cdot 10^{-4}\, Wb$$

$$B_d = \Phi_d / A_d = 1,023\ T$$

$$B_g = \Phi_d / A_g = 0,508\ T$$

2.3.3. Materiale feromagnetice

Materialele feromagnetice prezintă două tipuri de neliniarități ale caracteristicii magnetice ce leagă inducția magnetică ***B*** de intensitatea câmpului magnetic ***H*** (Fig.2.13):

- saturarea;
- histerezisul.

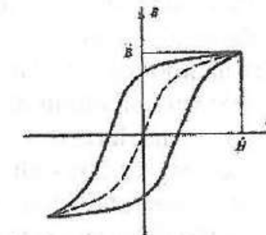


Fig. 2.13. Caracteristica magnetică a materialului feromagnetic.

Valorile inducției magnetice în diferitele zone ale unui circuit magnetic trebuie să se situeze în limitele:

- 1T pentru lungimi mari de fier;
- 1,2 T pentru anumite zone, precum polii ;
- 1,6 T pentru zonele în care apar saturații.

Aria ciclului de histerezis este proporţională cu pierderile de energie la modificarea periodică a mărimilor magnetice.

2.4. Circuite electrice. Parametrii circuitelor dipolare pasive liniare

2.4.1. Definiţii

O mişcare ordonată staţionară a particulelor libere din conductori nu poate decurge decât în cazul când are loc pe drumuri închise.

Într-adevăr, numai astfel nu apar fenomene nestaţionare asociate aglomerării de particule şi, deci, de sarcină în anumite puncte ale conductorului considerat (de exemplu la capetele lui). Curentul de conducţie staţionar, numit şi curent continuu, poate să apară prin urmare numai în lanţuri închise de conductori numite circuite electrice închise.

Prin circuit electric se înţelege deci un ansamblu de medii prin care poate circula curentul electric. Aceste medii pot fi conductoare, semiconductoare sau dielectrice. În mediile conductoare şi semiconductoare există curent electric de conducţie, iar în mediile dielectrice curent de deplasare.

Un alt mod de a defini noţiunea de circuit electric este: orice instalaţie destinată trecerii curentului electric (prin ea) se numeşte circuit electric (în sens larg). O altă accepţiune a conceptului circuit electric (în sens restrâns) este aceea de instalaţie destinată trecerii curentului şi a cărei funcţionare poate fi descrisă prin intensităţi de curent şi tensiuni electrice.

Circuitele electrice reprezintă părţi componente ale unor importante şi variate sisteme tehnice din cele mai diferite domenii (aparate şi maşini electrice, electronică, linii electrice de energie şi telecomunicaţii, instalaţii de protecţie şi automatizare etc.). Prin stabilirea unor curenţi electrici după anumite trasee, circuitele electrice asigură implicit apariţia şi desfăşurarea fenomenelor electromagnetice necesare obţinerii efectelor utile dorite, în cadrul sistemelor respective.

Un circuit electric este, prin urmare, un ansamblu de surse (generatoare) şi receptoare, interconectate prin medii conductoare, în care are loc o mişcare ordonată de sarcini electrice. În structura lor intră două categorii de componente (elemente):

- elemente active (sursele sau generatoarele) – care produc energie electromagnetică;
- elemente pasive (rezistoare, bobine, condensatoare) – care absorb energia electromagnetică de la surse şi o transformă în alte forme de energie.

Dacă circuitele au o structură mai complexă se obişnuieşte să se folosească termenul de reţea electrică. Nu există însă o delimitare riguroasă între noţiunile la care se referă termenii de circuit electric şi reţea electrică. Se mai poate aminti că termenul de reţea electrică este folosit frecvent în electroenergetică şi pentru a exprima ansamblul instalaţiilor electrice care intervin la transportul şi distribuţia energiei electrice.

2.4.2. Scheme electrice. Scheme electrice echivalente

În practică, studiul unei reţele electrice nu se face pe un desen având aceeaşi configuraţie ca reţeaua însăşi – care, pentru o reţea de distribuţie urmează traseul străzilor oraşului respectiv – ci pe o reţea cât mai simplă, echivalentă reţelei date.

După cum s-a văzut, în teoria circuitelor electrice elementele reale de circuit sunt caracterizate prin parametrii mărimi care le definesc, în general un ansamblu de parametri, echivalent cu o grupare corespunzătoare de elemente de circuit ideale. Astfel, pentru circuitul electric analizat rezultă schema sa electrică, în care elementele de circuit intervin numai prin aceşti parametri.

Între un circuit electric şi schema sa electrică există prin urmare deosebiri esenţiale. În timp ce circuitul electric se referă la sistemul fizic, schema electrică rezultă pe baza unui proces de abstractizare şi exprimă trăsăturile esenţiale ale circuitului electric. Făcându-se abstracţie de unele particularităţi

ale circuitului electric (formă, greutate, culoare, diferite aspecte tehnologice şi constructive etc.), se obţine o imagine relativ simplă despre circuitul electric, care exprimă însă ceea ce este esenţial pentru studiul şi calculul circuitului respectiv. Se poate spune că schemele electrice reprezintă modele teoretice (intermediare) ale circuitelor electrice analizate, pe baza cărora se scriu apoi ecuaţiile acestor circuite. Procesul descris se poate deci prezenta sub următoarea formă: circuitul electric (originalul) → modelul teoretic intermediar (schema electrică) → ecuaţiile diferenţiale (modelul matematic). Desigur că aceste etape există, chiar dacă ele nu se prezintă explicit. Se poate observa că schema electrică are rolul de model în raport cu circuitul electric, iar în raport cu ecuaţiile diferenţiale corespunzătoare are rolul de original.

La baza schemelor electrice stau desigur ipotezele de studiu, respectiv aproximările din paragraful anterior. Dintre acestea în mod deosebit este bine să fie subliniată aici posibilitatea de a considera parametrii concentraţi, deoarece în schemele electrice parametrii se consideră întotdeauna concentraţi.

Cu toată deosebirea evidentă care există între circuitul electric şi schema electrică, adeseori se foloseşte termenul de circuit electric şi atunci când de fapt este vorba de schema electrică. De asemenea, se vorbeşte frecvent de calculul circuitelor electrice deşi în realitate calculele se efectuează pe baza schemelor electrice. O limitare prea severă a folosirii termenilor de circuit electric şi schemă electrică nu se impune însă neapărat. Important în orice caz este să se precizeze atent noţiunea la care se referă termenul folosit.

Schema electrică apare deci sub forma unei grupări corespunzătoare de simboluri convenţionale, fiecare dintre aceste simboluri corespunzând unui anumit parametru. Deoarece un element de circuit este caracterizat în general prin mai mulţi parametri, se poate considera că parametrii reprezentaţi în schema electrică corespund elementelor ideale

de circuit echivalente elementelor reale. În fig. 2.14 sunt prezentate simbolurile grafice convenţionale pentru rezistor rezistenţă (fig.2.14.a), bobină cu inductivitate proprie (fig.2.14.b), bobină cu inductivitate mutuală (fig.2.14.c), rezistor cu inductivitate şi rezistenţă (fig.2.14.d) şi condensator (fig.2.14.e); simbolul grafic din fig. 2.14.d este folosit în mod curent şi pentru impedanţe.

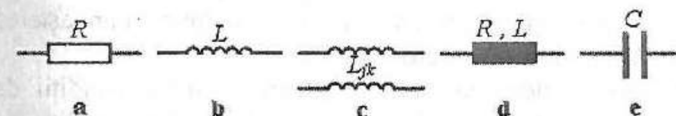


Figura 2.14. Simbolurile elementelor de circuit pasive

În ceea ce priveşte sursele de energie, acestea pot fi reprezentate în schemele electrice fie ca surse de tensiune, fie ca surse de curent. Fig.2.15 reprezintă simbolurile utilizate pentru sursele ideale de tensiune (fig.2.15.a) şi sursele ideale de curent (fig.2.15.b).

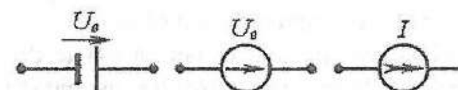


Figura 2.15. Simbolurile elementelor de circuit active
a – surse ideale de tensiune; b – surse ideale de curent

În teoria circuitelor electrice se întâlneşte noţiunea de *surse de tensiune şi curent comandate*; acestea se mai numesc şi surse dependente. O sursă de tensiune comandată este o sursă a cărei tensiune (mărime de ieşire, respectiv comandată) este o funcţie de anumite mărimi din circuit, obişnuit tensiuni sau curenţi (mărimi de intrare, respectiv de comandă). În mod analog se defineşte sursa de curent comandată. Sursele

comandate se folosesc frecvent în schemele echivalente ale tuburilor electronice şi tranzistoarelor.

La stabilirea schemelor electrice trebuie să se ţină seama de condiţiile reale de funcţionare ale circuitelor şi de scopul urmărit. O schemă electrică se consideră corect întocmită dacă ecuaţiile stabilite pe baza ei descriu cu aproximaţie satisfăcătoare comportarea circuitului electric real la care se referă. Schemele electrice se complică în mod necesar pe măsura măririi preciziei cu care se urmăreşte cunoaşterea comportării reale a circuitelor electrice.

O schemă electrică stabilită pentru anumite condiţii de funcţionare poate să nu mai corespundă şi altor condiţii de funcţionare, caz în care apare necesitatea modificării, respectiv completării schemei electrice iniţiale. Astfel, de exemplu, dacă în schema electrică a unui tub electronic care funcţionează la frecvenţe joase nu este necesar să se ţină seama de capacităţile dintre electrozi, neglijarea acestora la frecvenţe înalte conduce la rezultate eronate. Tot aşa, dacă în schema electrică a unui transformator la joasă frecvenţă nu este necesar să se ţină seama de efectul capacităţilor dintre spirele bobinelor, la frecvenţe înalte schema electrică trebuie completată cu unele capacităţi care să ţină seama de acest efect.

Pentru acelaşi circuit electric pot să existe deci mai multe scheme electrice, după cum este de asemenea posibil ca circuite care deşi în aparenţă nu au nimic în comun să aibă scheme electrice asemănătoare sau chiar identice.

Scheme echivalente. Într-o formă generală, două scheme se consideră echivalente dacă comportarea lor faţă de exterior este aceeaşi la toate frecvenţele, în timp ce structurile lor interioare pot fi diferite. În cele mai multe cazuri din practică echivalenţa se limitează numai la o singură frecvenţă sau la un domeniu relativ restrâns de frecvenţe. Stabilirea unor scheme echivalente pentru un domeniu mai larg de frecvenţe este o problemă dificilă, a cărei rezolvare nu este totdeauna posibilă.

Pentru un circuit electric se pot stabili în general mai multe scheme echivalente.

Schema echivalentă sau de substituire apare obişnuit în legătură cu problema înlocuirii unei scheme electrice sau numai a unei părţi din aceasta printr-o schemă mai simplă, astfel încât curenţii şi tensiunile în exteriorul acesteia să nu se modifice prin această înlocuire. Schema echivalentă rezultă, de obicei, pe baza ecuaţiilor stabilite pentru schema electrică iniţială, sau în urma unor operaţii matematice efectuate asupra acestora.

În schemele echivalente pot să pară şi elemente de circuit negative. Această împrejurare nu micşorare însă importanţa schemelor echivalente în teoria circuitelor electrice. Prezenţa elementelor de circuit negative ar constitui un neajuns numai dacă s-ar presupune problema realizării fizice a unor astfel de scheme, ceea ce în general nu este cazul.

Importanţa schemelor echivalente este foarte mare în teoria circuitelor electrice şi în particular în teoria multipolului, respectiv a cuadripolului, unde comportarea circuitului se urmăreşte faţă de borne. Ele uşurează studiul proprietăţilor generale ale circuitelor analizate. Schemele echivalente se folosesc cu succes şi în probleme de modelare şi sinteză.

2.4.3. Elemente topologice

Topologia sau *„analisis situs"* este o ramură a matematicii care se ocupă, printre altele, cu studiul anumitor proprietăţi ale figurilor geometrice care se conservă atunci când suprafaţa pe care ele sunt trasate se deformează. În electrotehnică, la studiul circuitelor electrice, acest mod de a vedea proprietăţile figurilor este aplicat în mod obişnuit.

În teoria circuitelor electrice prezintă un interes deosebit proprietăţile topologice ale schemelor electrice, respectiv modul de interconectare al diferitelor elemente ale schemei.

Extremităţile unui element constituie bornele acestuia. Între bornele sale, un element poate fi activ dacă conţine surse

de energie electrică, sau pasiv în cazul când nu conţine surse de energie electrică. O reţea se numeşte izolată dacă nu are borne de acces cu exteriorul.

Cea mai generală reţea electrică este constituită dintr-un anumit număr de elemente sau laturi, legate între ele într-un mod bine determinat, invariabil în timp, printr-un număr de noduri. Analizând schema unei reţele electrice rezultă că orice reţea electrică se compune topologic din (fig.2.16) noduri, laturi şi ochiuri.

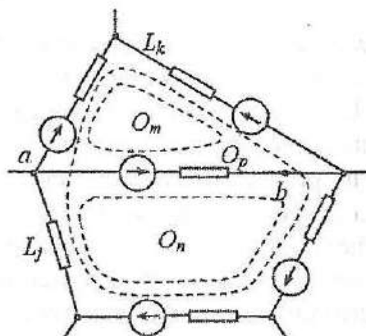


Figura 2.16

Legătura electrică între două sau mai multe elemente formează un nod, nodurile fiind deci locurile (punctele) în care concură mai mult de două conductoare (laturi) ale circuitului (reţelei).

Într-o reţea, orice nod poate fi considerat ca o bornă a reţelei. Dacă două sau mai multe noduri oarecare legate între ele prin conductoare fără rezistenţă electrică se zice că sunt legate în scurtcircuit şi se consideră unul singur.

Se deosebesc:

- noduri fundamentale – când concură cel puţin trei laturi (de exemplu nodul a);
- noduri nefundamentale (degenerate) – când concură numai două laturi (de exemplu nodul b).

Laturile (ramurile) reprezintă porţiuni mărginite şi neramificate din circuit (reţea) cuprinse între două noduri vecine. Laturile sunt parcurse de curenţi electrici proprii, care pot, în general, diferi de la o latură la alta.

Se deosebesc:

- laturi active – care conţin generatoare de t.e.m. sau de curent (de exemplu latura Lk);
- laturi pasive – care nu conţin generatoare (de exemplu latura Lj).

În general, o reţea care are numai laturi pasive se numeşte reţea pasivă, iar dacă are cel puţin o latură activă se numeşte reţea activă.

Ochiurile (buclele) sunt porţiuni de circuit (reţea) realizate din laturi (parcurse o singură dată) formând un contur închis. Se deosebesc:

- ochiuri fundamentale – care se bucură de proprietatea că ecuaţiile corespunzătoare teoremei a II-a a lui Kirchhoff nu se pot deduce din cele referitoare la alte ochiuri definite în prealabil (de exemplu ochiurile Om şi On);
- ochiuri nefundamentale – care rezultă, în general, prin construcţie grafică din alte ochiuri definite anterior, deci nu sunt independente de acestea (de exemplu ochiul Op).

Pentru circuite (reţele) plane mai simple, numărul de ochiuri fundamentale este dat de numărul de „ferestre" ale acestora. Se numeşte buclă independentă acea buclă care conţine cel puţin o latură necomună cu alte bucle; în general, numărul de ochiuri fundamentale ale unei reţele se determină cu ajutorul teoremei (relaţiei) lui Euler. Partea reţelei care nu conţine ochiuri se numeşte arbore (reţea arborescentă).

Dacă N este numărul total de noduri ale reţelei, numărul maxim de laturi sau de elemente LT, ce se pot lega la aceste noduri două câte două, este dat de relaţia:

$$L_T = C_N^2 = \frac{N(N-1)}{2}$$

Între numărul N de noduri, B de bucle şi L de ramuri există relaţia:

$$B = L - (N - 1)$$

numită relaţia lui Euler.

Capitolul 3

REŢELE ELECTRICE DE CURENT ALTERNATIV

3.1. Producerea tensiunii alternative sinusoidale

Prin rotirea unei spire cu viteza unghiulară ω între polii unui magnet permanent (Fig.3.1), apare o tensiune electromotoare indusă de forma:

$$u(t) = U_{max} \sin \omega t$$

unde U_{max} este valoarea maximă a tensiunii.

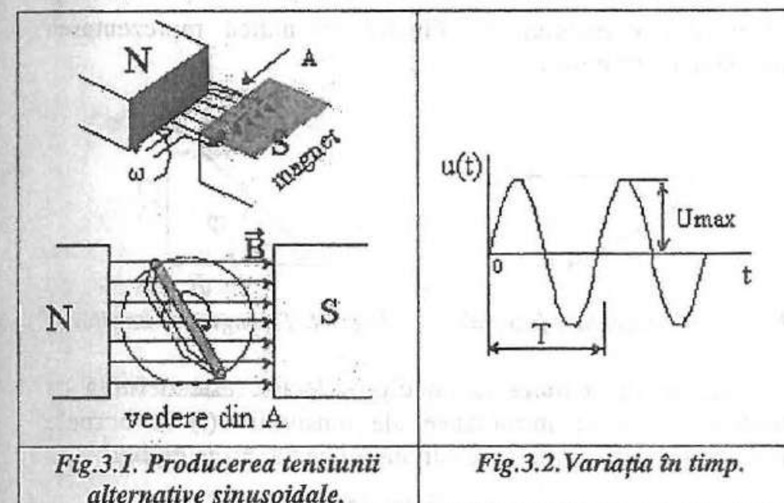


Fig.3.1. Producerea tensiunii alternative sinusoidale. *Fig.3.2. Variaţia în timp.*

Variaţia în timp a acestei tensiuni electrice este prezentată în Fig.3.2.

Se defineşte valoarea efectivă U a tensiunii alternative sinusoidale ca fiind:

$$U = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = 0{,}707 \cdot U_{max}$$

iar perioada T a tensiunii este: $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\nu$ unde ν este frecvenţa.

3.2. Comportarea elementelor de circuit în curent alternativ

3.2.1. Dipol în regim sinusoidal

Un dipol alimentat cu tensiunea electrică $u(t) = U\sqrt{2}\sin\omega t$ este parcurs de un curent electric de intensitate $i(t) = I\sqrt{2}\sin(\omega t - \varphi)$ unde φ este defazajul dintre tensiune şi intensitatea curentului. În Fig.3.3 se indică reprezentarea fazorială a mărimilor.

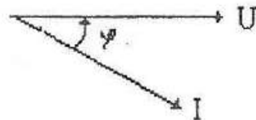


Fig.3.3. Reprezentare fazorială.

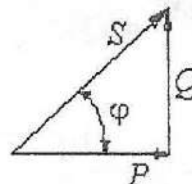


Fig.3.4. Triunghiul puterilor.

Puterea instantanee la un dipol electric este definită ca produsul valorilor instantanee ale tensiunii $u(t)$ la bornele dipolului şi intensităţii $i(t)$ a curentului ce parcurge dipolul:

$$p(t) = u(t) \cdot i(t)$$

Dacă puterea instantanee este negativă, $p < 0$, dipolul este *generator*. Dacă, în orice punct al caracteristicii, puterea este pozitivă, $p > 0$, dipolul este *receptor*.

Pentru un circuit monofazat funcţionând în regim permanent sinusoidal, există definiţiile:
- *puterea activă*: $P = UI\cos\varphi$
- *puterea reactivă*: $Q = UI\sin\varphi$
- *puterea aparentă*: $S = UI$

3.2.2. Rezistor în curent alternativ sinusoidal

Relaţiile între curent şi tensiune sunt:

$$U = R \cdot I \quad \text{şi} \quad \varphi = 0$$

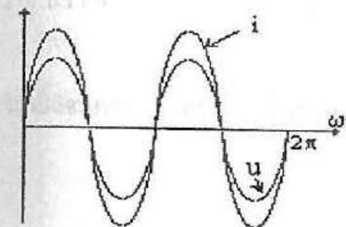


Fig.3.5. Forme de undă pentru R.



Fig.3.6. Diagrama fazorială

În Fig.3.5, se prezintă variaţiile în timp ale tensiunii la borne şi intensităţii la rezistor iar în Fig.3.6 este prezentată diagrama fazorială. Se observă că intensitatea curentului este în fază cu tensiunea.

3.2.3. Bobina ideală în curent alternativ sinusoidal

Există relaţiile:

$$U = X_L \cdot I \quad \text{şi} \quad \varphi = \pi/2$$

unde $X_L = \omega L$ se numeşte *reactanţă inductivă*.

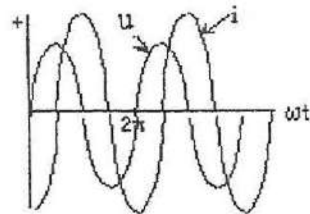


Fig.3.7. Forme de undă.

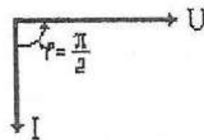


Fig.3.8. Diagrama pentru L.

În Fig.3.7, se prezintă variațiile în timp ale tensiunii la borne și intensității curentului electric la bobina ideală (care are doar *L*), iar în Fig.3.8 este prezentată diagrama fazorială.

Se observă că intensitatea curentului rămâne în urmă cu $\pi/2$ față de tensiunea la borne.

3.2.4. Condensator electric în curent alternativ sinusoidal

Există relațiile:

$$U = X_C \cdot I \quad \text{și} \quad \varphi = -\pi/2$$

unde $X_C = \frac{1}{\omega C}$ se numește *reactanță capacitivă.*

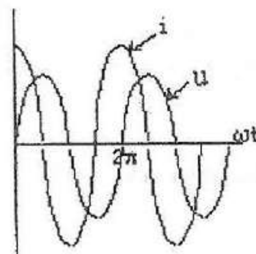


Fig.3.9. Forme de undă.

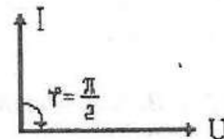


Fig.3.10. Diagrama pentru C.

În Fig.3.9 se prezintă variațiile în timp ale tensiunii și intensității la condensator, iar în Fig.3.10 este prezentată diagrama fazorială

3.2.5. Impedanța circuitului RLC

- serie:

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

- paralel:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \left(\frac{1}{\omega L} - \omega C\right)^2}}$$

Notând cu $X = \omega L - \frac{1}{\omega C}$ se poate face reprezentarea grafică din Fig.3.11.

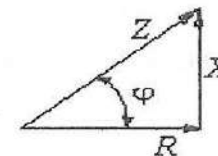


Fig.3.11. Triunghiul impedanțelor

Rezultă:

$$Z = \frac{U}{I}$$

$$R = \frac{U\cos\varphi}{I} = Z\cos\varphi > 0$$

$$X = \frac{U\sin\varphi}{I} = Z\sin\varphi > 0 \quad \text{sau} < 0$$

în care φ este defazajul dintre tensiune și curent.

Mărimea *cosφ* se numește factor de putere al circuitului și este dat de relația: $\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{R}{Z}$

3.3. Circuite trifazate

Circuitele trifazate de curent alternativ sunt circuite alimentate de un sistem trifazat de tensiuni:

$$u_1 = \sqrt{2}U_1 \sin(\omega t + \alpha_1)$$
$$u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin(\omega t + \alpha_2)$$
$$u_3 = \sqrt{2}U_3 \sin(\omega t + \alpha_3)$$

iar curenții formează un sistem trifazat:

$$i_1 = \sqrt{2}I_1 \sin(\omega t + \alpha_1 - \varphi_1)$$
$$i_2 = \sqrt{2}I_2 \sin(\omega t + \alpha_2 - \varphi_2)$$
$$i_3 = \sqrt{2}I_3 \sin(\omega t + \alpha_3 - \varphi_3)$$

Dacă valorile efective ale tensiunilor sunt egale

$$U_1 = U_2 = U_3 = U$$

şi defazajele dintre tensiuni respectă următoarele condiții:

$$\alpha_1 = \alpha;\ \alpha_2 = \alpha - \frac{2\pi}{3};\ \alpha_3 = \alpha + \frac{2\pi}{3}$$

sistemul se numeşte sistem simetric şi direct. Expresiile tensiunilor vor fi:

$$u_1 = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \alpha)$$
$$u_2 = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \alpha - \frac{2\pi}{3})$$
$$u_3 = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \alpha + \frac{2\pi}{3})$$

iar pentru cazul $\alpha = 0$, rezultă

$$u_1 = \sqrt{2}U \sin \omega t$$
$$u_2 = \sqrt{2}U \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

$$u_3 = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$$

Pentru cazul în care sistemul de tensiuni alimentează un receptor trifazat echilibrat, expresiile sistemului de curenți sunt:

$$i_1 = \sqrt{2}I \sin(\omega t - \varphi)$$
$$i_2 = \sqrt{2}I \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \varphi)$$
$$i_3 = \sqrt{2}I \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3} - \varphi)$$

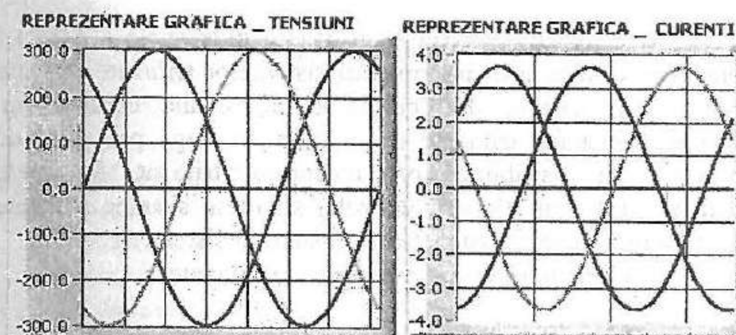


Fig.3.12.

În Fig.3.12 se prezintă sistemele simetrice trifazate de tensiuni şi de curenți.

Dacă impedanțele pe faze nu sunt identice, receptorul este dezechilibrat, iar curenții absorbiți sunt neegali – Fig.3.13.

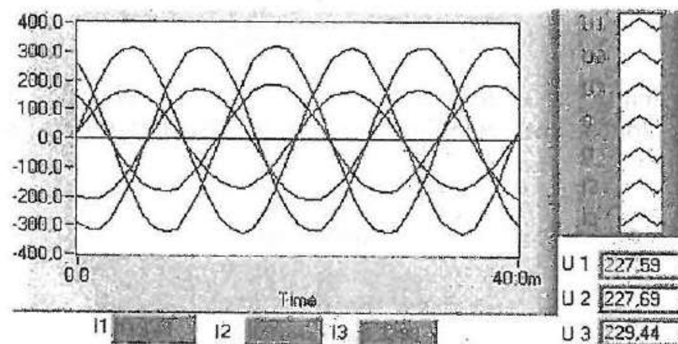


Fig.3.13.

Producerea, transportul şi utilizarea industrială a energiei electrice se face prin intermediul sistemelor trifazate, în care generatorul trifazat de energie electrică, ale cărui t.e.m. formează sisteme trifazate de mărimi, se leagă prin linii de transport şi distribuţie spre receptorul trifazat. Sistemele trifazate de t.e.m. ale generatorului stabilesc sisteme trifazate de curenţi şi sisteme trifazate de tensiuni în sistem.

Există următoarele ripuri de circuite trifazate:

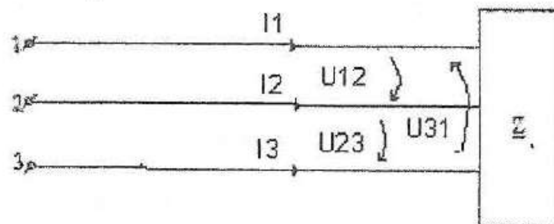


Fig.3.14. Circuit trifazat fără conductor neutru.

- circuite trifazate *fără conductor neutru* – Fig.3.14, utilizate în special la tensiuni înalte, pentru transportul energiei electrice.

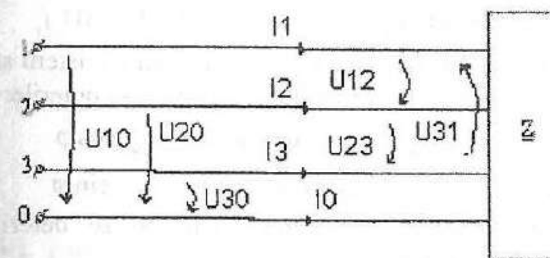


Fig.3.15. Circuit trifazat cu conductor neutru.

- circuite trifazate *cu conductor neutru* – Fig.3.15, utilizate în special la tensiuni joase, pentru alimentarea micilor consumatori.

Observaţie. I_1, I_2 şi I_3 se numesc *curenţi de linie*, U_{12},U_{23},U_{31} sunt *tensiuni de linie* iar U_{10}, U_{20} şi U_{30} sunt *tensiuni de fază.*

În tehnică, se utilizează, cu predilecţie, două tipuri de conexiuni ale generatoarelor sau receptoarelor: *conexiunea în stea* şi *conexiunea în triunghi.*

→ Conexiunea *în stea* – Fig.3.16.a

Se observă că intensităţile curenţilor prin linii sunt egale cu cele ale curenţilor prin fazele receptorului.

→ Conexiunea *în triunghi* – Fig.3.16.b. Tensiunile de linie sun egale cu cele de fază, în schimb. Curenţii de fază sunt mai mici decât cei de linie: $I_f = \frac{I_l}{\sqrt{3}}$

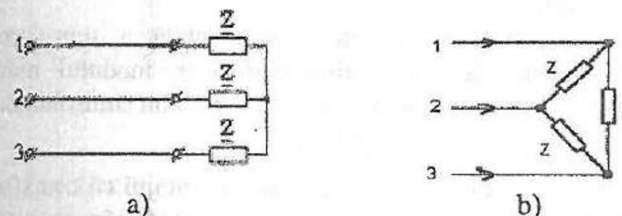


Fig.3.16. a) receptor în stea; b) receptor în triunghi.

Puterea aparentă are expresia $S = \sqrt{3}U_l I_l = 3U_f I_f$

Pentru circuite trifazate cu tensiuni egale /sistem simetric) şi curenţi egali pe faze (echilibraţi) se definesc puterile:

- activă $P = 3U_{faza} I_{faza} \cos\varphi = \sqrt{3}U_{linie} I_{linie} \cos\varphi$

- reactivă $Q = 3U_{faza} I_{faza} \sin\varphi = \sqrt{3}U_{linie} I_{linie} \sin\varphi$

Energia electrică în circuite trifazate se determină în funcţie de tipul puterii:

Energie activă: $Wa = P \cdot t$

Energia reactivă $Wr = Q \cdot t$

3.4. Calculul circuitelor în c.a.

3.4.1. Reprezentarea în complex simplificat a mărimilor sinusoidale

Pentru mărimile sinusoidale se poate stabili o corespondenţă biunivocă între mulţimea funcţiilor sinusoidale y(t) şi mulţimea numerelor complexe $\underline{Y}$, corespondenţă definită de transformarea directă $y(t) \Rightarrow \underline{Y}$:

$$\underline{Y} = Y \cdot e^{j\gamma}; j = \sqrt{-1}$$

şi de transformarea inversă $\underline{Y} \Rightarrow y(t)$:

$$y(t) = \mathrm{Im}\{\sqrt{2} \cdot \underline{Y} \cdot e^{j\omega t}\}$$

în care operatorul „Im" semnifică partea imaginară a unui număr complex.

Se constată o proprietate fundamentală a transformării mărimilor sinusoidale în mărimi complexe: modulul mărimii complexe este egal cu valoarea efectivă a mărimii sinusoidale:

$$|\underline{Y}| = Y$$

Reprezentarea în complex prezintă avantajul că transformă calculul reţelelor electrice în regim sinusoidal în rezolvarea unor ecuaţii algebrice liniare de gradul întâi, satisfăcute de imaginile în complex ale acestor tensiuni şi curenţi.

Capitolul 4

ELEMENTE ELECTRONICE

4.1. Joncţiunea p-n

În zona joncţiunii, electronii liberi din materialul de tip n difuzează în regiunea de tip p. Golurile urmează un proces invers.

Rezultă acumulări de sarcini electrice ca în Fig.4.1, ceea ce conduce la apariţia unui câmp electric Ed. Bariera de potenţial Vd este de aproximativ 0,7V la siliciu.

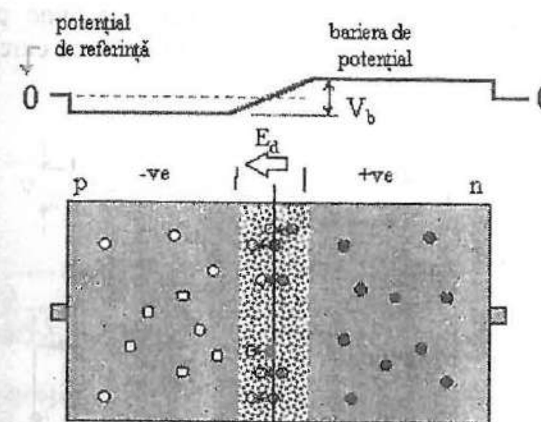


Fig.4.1. Joncţiunea p-n.

Dacă se leagă joncţiunea la bornele unei baterii – Fig.4.2 – apare un nou câmp electric E, se modifică potenţialul şi are loc o mişcare a sarcinilor electrice. Mişcarea continuă a electronilor din materialul de tip n către borna pozitivă şi a

goludilor din materialul de tip p către borna pozitivă a sursei conduce la apariţia unui curent electric.

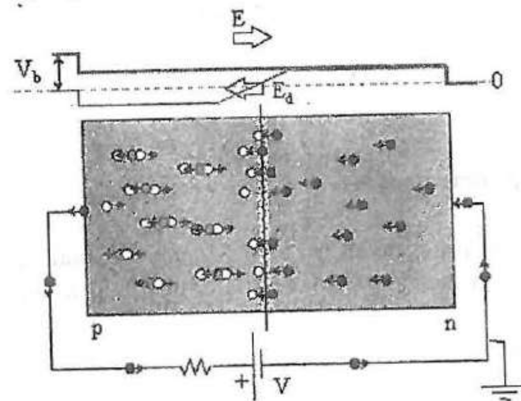


Fig.4.2. Joncţiune polarizată direct.

Dacă se inversează bornele sursei, joncţiune polarizată invers, creşte bariera de potenţial şi intensitatea curentului se anulează – Fig.4.3

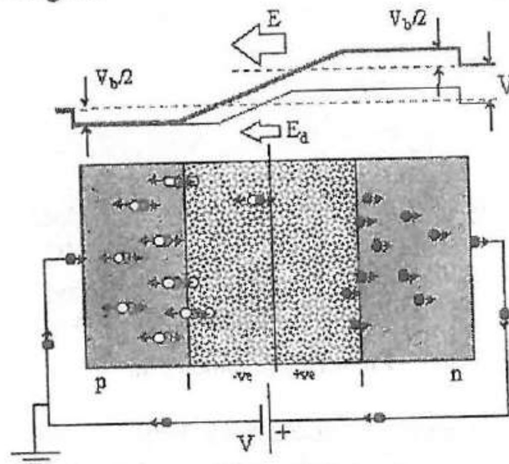


Fig.4.3. Joncţiune polarizată invers.

4.2. Dioda

O joncţiune p-n conduce dacă este polarizată direct şi întrerupe circuitul dacă este polarizată invers. Elementul de circuit care realizează această operaţie se numeşte diodă şi are simbolul din Fig.4.4.

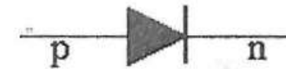


Fig.4.4. Simbol diodă.

O diodă ideală are o rezistenţă proprie nulă în sens direct şi o rezistenţă infinită în sens invers de polarizare – Fig.4.5.a. Dacă se ia în considerare tensiunea de deschidere caracteristica este cea indicată în Fig.4.5.b. În Fig.4.6 se prezintă caracteristica diodei reale.

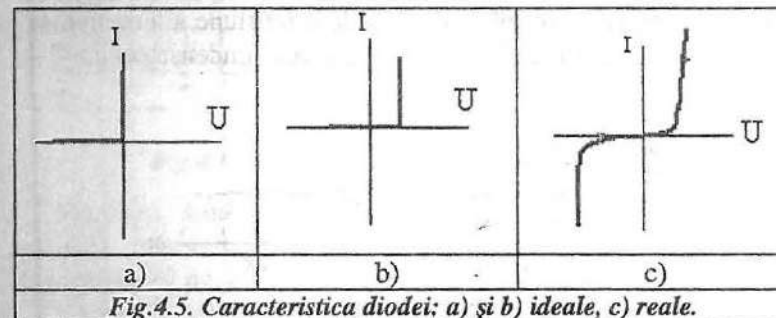


Fig.4.5. Caracteristica diodei: a) şi b) ideale, c) reale.

O aplicaţie importantă a diodei o reprezintă redresarea curentului alternativ, pentru obţinerea unui curent continuu.

În Fig.4.6. se prezintă schematic redresarea monoalternaţă iar în Fig.4.7 redresarea bialternaţă.

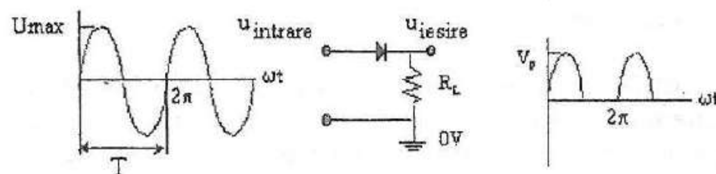


Fig.4.6. Redresare monoalternanță.

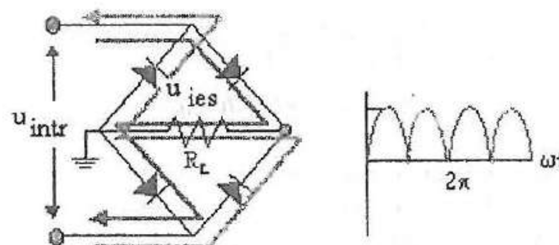


Fig.4.7. Redresare bialternanță.

Se observă că tensiunea de ieşire este formată din pulsuri. Pentru a obține o formă apropiată de o tensiune alternativă se utilizează un filtru realizat prin conectarea condensatorului C – Fig.4.8.

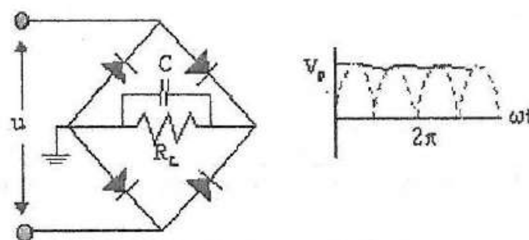


Fig.4.8. Redresare şi filtrare.

4.3. Tranzistorul bipolar

Tranzistorul este un dispozitiv electronic activ care constă din două joncțiuni *pn* foarte apropiate una de alta într-un singur

cristal semiconductor. Porțiunea comună poartă numele de bază, iar celelalte două porțiuni poartă numele de emitor şi colector.

Sunt posibile două tipuri de combinații de dopare: cu bază *n*, de tip *pnp* şi cu bază *p*, de tip *npn* – Fig.4.9.

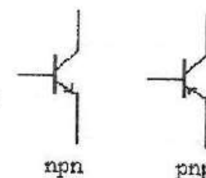
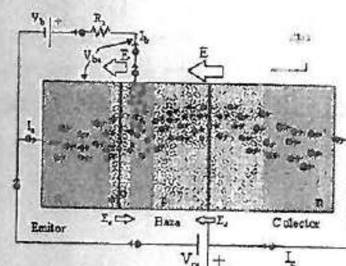


Fig.4.9.

În Fig.4.10 se prezintă polarizarea tranzistorului npn.



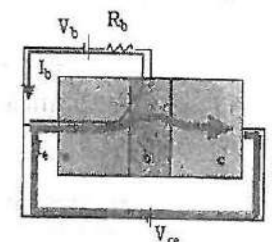


Fig.4.10. *Fig.4.11.*

Mărimea curentului din circuitul bazei controlează mărimea curentului din circuitul colectorului – Fig.4.11. Raportul celor doi curenți Ic/Ib se numeşte câştig de curent.

Caracteristica tranzistorului este prezentată în Fig.4.12.

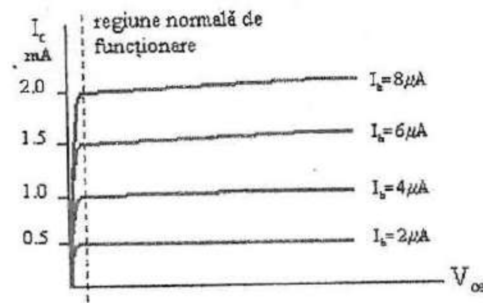
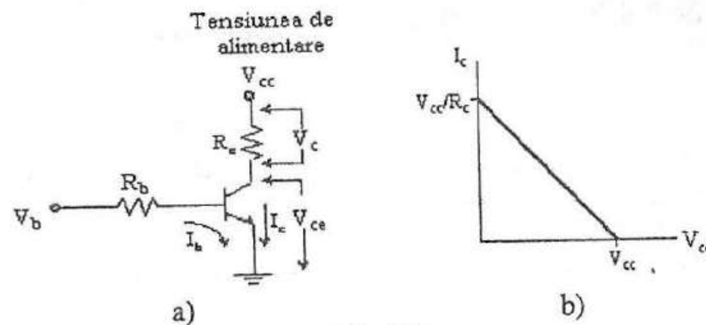


Fig.4.12

Să considerăm circuitul din Fig.4.13.a. Se observă că se poate scrie relația:

$$I_c = -\frac{1}{R_c}V_{ce} + \frac{V_{cc}}{R_c}$$

a cărei reprezentare grafică – Fig.4.13.b – poartă numele de dreaptă de sarcină.



a) b)

Fig.4.13.

Fiecare circuit cu tranzistor are o astfel de caracteristică. Ea se poate suprapune peste caracteristica tranzistorului rezultând punctul de funcționare al acestuia – Fig.4.14.

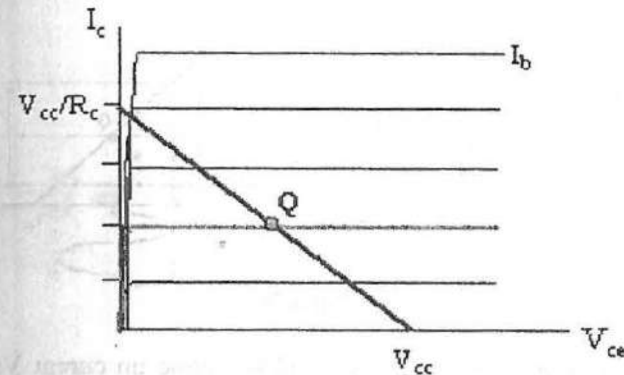
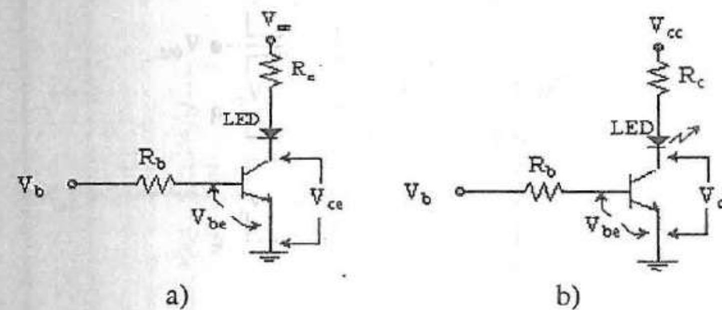


Fig.4.14.

Când curentul Ib este zero nu circulă nici un curent Ic. În circuitul din Fig.4.15.a, dacă tranzistorul este blocat și Ic=0, LED-ul nu se aprinde.



a) b)

Fig.4.15.

Crescând Vb, crește Ib și apare curentul Ic. Rezistorul Rc limitează valoarea curentului Ic, a cărui valoare maximă se obține pentru Vce→0. În acest circuit tensiunea Vce depinde de Ic. Dacă Ic crește, crește căderea de tensiune pe Rc și scade Vce.

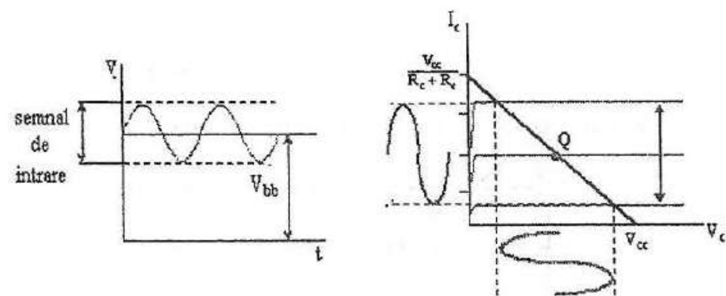


Fig.4.16.

Aplicând o tensiune variabilă se obține un curent Variabil IC – Fig.4.16. O cale de obținere a tensiunii Vbb este indicată în Fig.4.17, folosind un divizor de tensiune rezistiv R1,R2.

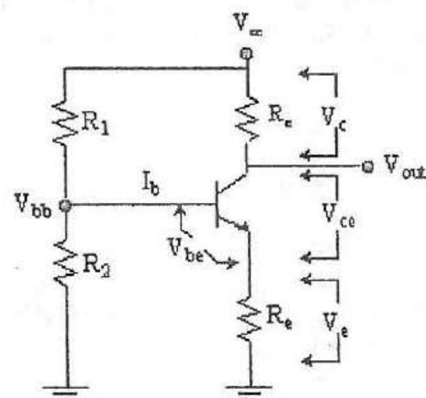


Fig.4.17.

Schema unui amplificator de tensiune este indicată în Fig.4.18.

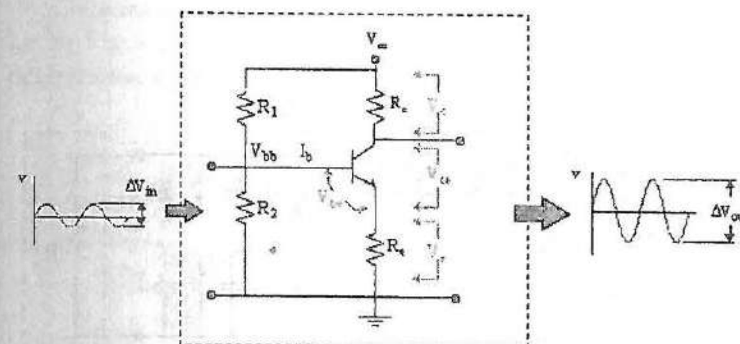


Fig.4.18.

Semnalul variabil de intrare trebuie să se suprapună peste Vbb. Este important ca nici o altă tensiune de c.c. să nu modifice Vbb. La fel, la ieșire trebuie să se obțină numai componenta de c.a. amplificată. De aceea, se introduc condensatoare – Fig.4.19.

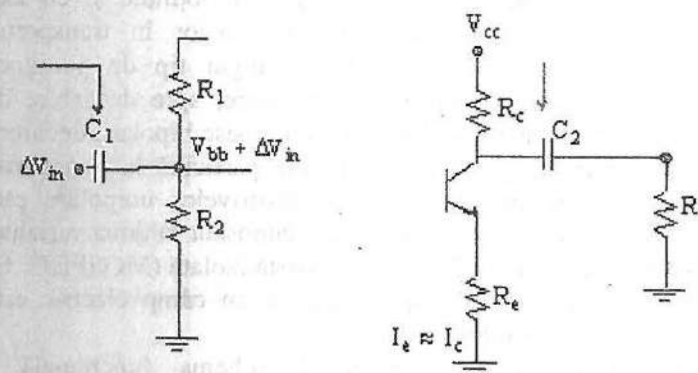


Fig.4.19.

O schemă completă a amplificatorului de tensiune este prezentată în Fig.4.20.

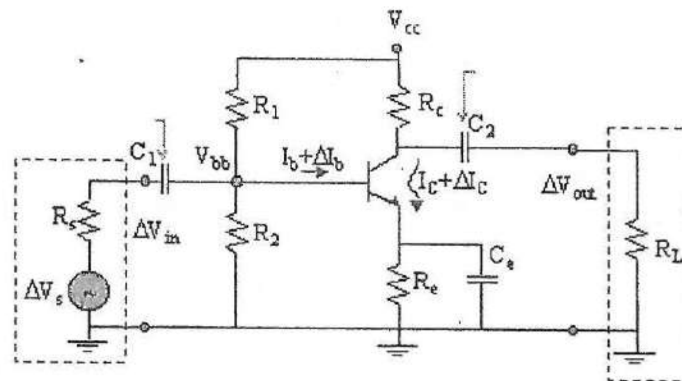


Fig.4.20.

4.4. Tranzistorul cu efect de câmp

Amplificarea de putere şi controlul unui curent mare cu ajutorul unui semnal relativ mic pot fi obţinute şi cu alte dispozitive electronice la care rolul major în transportul sarcinilor electrice îl are doar un singur tip de purtători. Acestea se numesc dispozitive unipolare, spre deosebire de tranzistorul discutat anterior, care se numesc bipolari, deoarece ambele tipuri de purtători de sarcină participă la transportul curentului. Un reprezentant al dispozitivelor unipolare este tranzistorul cu efect de câmp (FET) cunoscut în două variante: cu poartă joncţiune (J-TEC) şi cu poartă izolată (MOSFET). Se numeşte cu efect de câmp pentru că un câmp electric este folosit pentru controlul curentului.

În Fig.4.21.a este prezentată schema funcţională a tranzistorului J-FET iar în Fig.4.21.b sunt indicate simbolurile.

Pentru o tensiune dată Vds, curentul de drenă Id depinde de Vgs şi are o valoare maximă pentru Vds=0.

Caracteristicile de funcţionare sunt prezentate în Fig.4.22.a iar în Fig.4.22.b se prezintă construcţia dreptei de sarcină şi determinarea punctului de funcţionare.

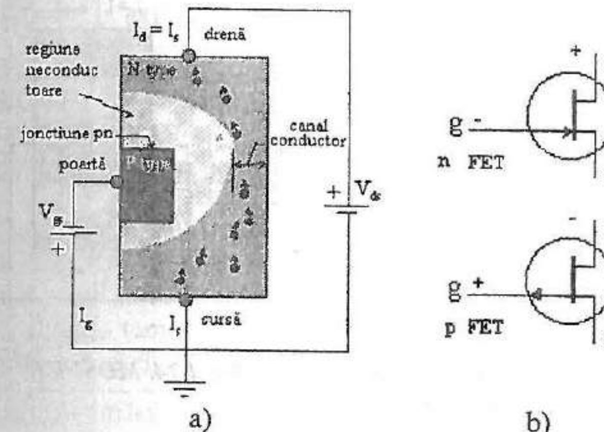


Fig.4.21. J-FET

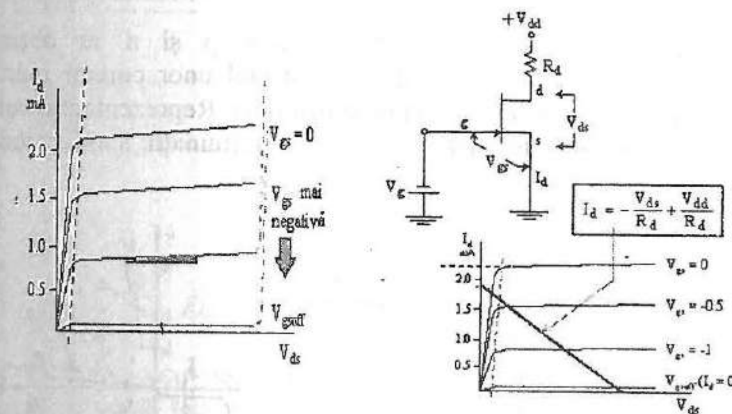


Fig.4.22. Caracteristici J-FET.

Schema unui amplificator în montaj cu sursă comună este prezentată în Fig.4.23.

În Fig.4.24 se prezintă principiul pentru tranzistorul MOSFET.

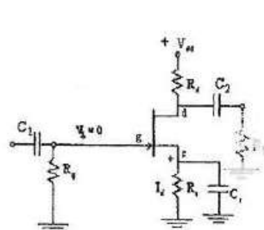


Fig.4.23. Montaj cu sursă comună

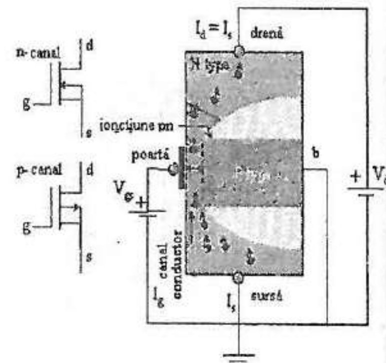
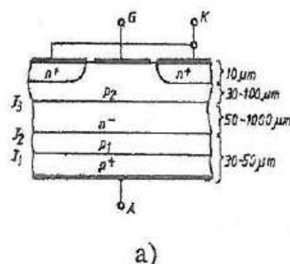


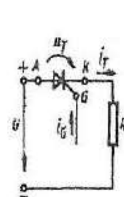
Fig.4.24. MOSFET

4.5. Tiristorul

Prin alternarea mai multor straturi p și n se obțin dispozitive care sunt utilizate în controlul unor curenți mari prin intermediul unor curenți mult mai mici. Reprezentantul cel mai des întâlnit este tiristorul. El are trei terminații: anod, catod și grilă. Fig.4.25.



a)



b)

Fig.4.25. a) Structură tiristor; b) Schema de alimentare și caracteristica statică

Capitolul 5

METROLOGIE ELECTRICĂ

5.1. Mărimi fizice și unități de măsură

5.1.1 Mărimi fizice

Cunoștințele acumulate de om despre mediul înconjurător se pot clasifica prin introducerea noțiunii de mărime. Termenul mărime poate să se refere la mărimi, în sens general (lungime, timp, masă, temperatură etc.) sau la mărimi particulare (lungime a unei tije, temperatura dintr-o incintă etc.)

Mărime (măsurabilă): atribut al unui fenomen, al unui corp sau al unei substanțe, care este susceptibil de a fi diferențiat calitativ și determinat (măsurat) cantitativ.

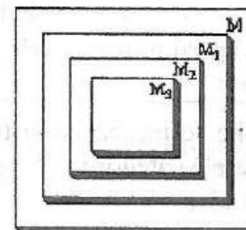


Fig.5.1. Clasificarea mărimilor.

O prezentare sugestivă a diferitelor categorii de mărimi fizice se poate face pe baza diagramei din Fig.5.1. Mulțimea mărimilor din natură, notată cu M, este reprezentată printr-un dreptunghi. În cadrul acestei mulțimi, se evidențiază submulțimea M_1 a mărimilor observabile – adică acele mărimi pentru care se poate obține o informație care permite deosebirea lor calitativă.

În submulţimea M_1 este inclusă submulţimea M_2 corespunzătoare mărimilor principial măsurabile – adică acele mărimi ce îndeplinesc următoarele condiţii:

- sunt observabile şi mulţimea stărilor lor constituie o mulţime ordonată (între toate perechile de stări ale mulţimii, se pot defini relaţiile <, = sau >);
- se poate construi o scală de măsurare ce stabileşte o corespondenţă univocă între mărimea stărilor şi mulţimea numerelor reale.

Submulţimea M_2 include submulţimea M_3 a mărimilor practic măsurabile. O mărime principial măsurabilă devine practic măsurabilă dacă există un mijloc de măsurare capabil să extragă semnalul purtător al informaţiei de măsurare, să îl prelucreze şi să afişeze valoarea mărimii respective.

Condiţiile necesare pentru ca o mărime să fie practic măsurabilă:

- posibilitatea de definire (observabilitatea);
- posibilitatea construirii unei scale de măsurare;
- posibilitatea conceperii mijlocului de măsurare pe baza unei metode de măsurare.

Mărimile măsurabile formează un sistem de mărimi şi se pot clasifica în următoarele categorii:
- mărimi fundamentale;
- mărimi derivate.

Mărime fundamentală: o mărime admisă, prin convenţie ca fiind independentă funcţional de alte mărimi.

Ansamblul mărimilor fundamentale este format din: lungime, masă, timp, temperatură, intensitatea curentului electric, intensitatea luminoasă şi cantitatea de substanţă. Toate celelalte mărimi, nedesemnate ca fundamentale, sunt mărimi derivate.

Mărime derivată: mărimea definită funcţie de mărimile fundamentale dintr-un sistem de mărimi.

5.1.2. Unităţi de măsură

Pentru efectuarea operaţiei de măsurare, este necesară o unitate de măsură U_m.

Unitate de măsură: mărime particulară, definită şi adoptată prin convenţie, cu care sunt comparate alte mărimi de aceeaşi natură, pentru exprimarea valorilor lor în raport cu acea mărime.

Marea diversitate de unităţi şi de materializări fizice ale acestora a condus la o dificilă activitate de coordonare şi control, mai ales în cadrul schimburilor comerciale. Ştiinţa măsurărilor a urmărit, prin organisme oficiale, să uniformizeze unităţile, prin crearea unui sistem internaţional legal de unităţi şi prin definirea lor fără echivoc.

Condiţiile expuse sunt îndeplinite de către Sistemul Internaţional de Unităţi (SI). Adoptat în anul 1960, la cea de-a XI-a Conferinţă Generală de Măsuri şi Greutăţi (CGPM), Sistemul Internaţional de Unităţi (SI) are 7 unităţi fundamentale corespunzătoare celor 7 mărimi fundamentale (tabelul 5.1). Unităţilor de măsură le sunt atribuite prin convenţie denumiri şi simboluri.

Tabelul 5.1

Mărime fundamentală		
Denumire	**Unitate de măsura fundamentală**	
	Denumire	**Simbol**
lungime	metru	m
masă	kilogram	kg
timp	secundă	s
intensitatea curentului electric	amper	A
temperatura termodinamică	kelvin	K
intensitate luminoasă	candela	cd
cantitate de substanţă	mol	mol

În afară de unităţile fundamentale în SI sunt incluse şi două unităţi suplimentare: radianul (rad) şi steradianul (sr).

Există o singură unitate fundamentală pentru fiecare mărime fundamentală.

Celelalte unităţi de măsură, care se pot deduce prin relaţii matematice din unităţile fundamentale, formează unităţile derivate. O parte dintre unităţile derivate au nume speciale, care pot fi folosite pentru formarea altor unităţi derivate (de exemplu, newtonul, N = $kg \cdot m \cdot s^{-2}$). În Tabelul 5.2, sunt prezentate mărimile derivate şi unităţile lor de măsură studiate în manual.

Tabelul 5.2

Mărime derivată				
Denumire	**Simbol**	**Unitate de măsura derivată**		
		Denumire	**Simbol**	**Relaţia de echivalenţă**
aria suprafeţei	A	metru pătrat	m^2	
volum	V	metru cub	m^3	
densitate	ρ	kilogram pe metru cub	kg/m^3	
viteză	v	metru pe secundă	m/s	
viteză unghiulară	ω	radian pe secundă	rad/s	
acceleraţie	a	metru pe secundă la pătrat	m/s^2	
forţă	F	newton	N	$N=kgm/s^2$
presiune	p	newton pe metru pătrat	N/m^2	
vâscozitate dinamică	ν	newton secundă pe metru pătrat	Ns/m^2	
vâscozitate cinematică		metru pătrat pe secundă	m^2/s	

frecvenţa	f	hertz	Hz	Hz= 1/s
lucru mecanic, energie, cantitate de căldură	L,W,Q	joule	J	J= N m
putere	P	watt	W	W= J/s
tensiune electrică,	U	volt	V	V= W/A
rezistenţă electrică	R	ohm	Ω	Ω= V/A

Dintre unităţile de măsură derivate, unele au denumiri şi simboluri speciale. O parte din ele sunt prezentate în tabelul 5.3.

Tabelul 5.3.

Mărimea fizică	**Unitate de măsură**	**Simbol**	
Frecvenţă	hertz	Hz	Heinrich Hertz (1857-1894)
Forţă	newton	N	Issac Newton (1642-1727)
Presiune	pascal	Pa	Blaise Pascal (1623-1662)
Energie	joule	J	James Joule (1818-1889)
Putere	watt	W	James Watt (1736-1819)
Sarcină electrică	coulomb	C	Charles de Coulomb (1736-1806)
Potenţial electric, tensiune electrică	volt	V	Alessandro Volta (1745-1827)
Capacitate electrică	farad	F	Michael Faraday (1791-1867)
Rezistenţă electrică	ohm	Ω	Georg Simon Ohm (1789-1854)
Flux magnetic	weber	Wb	Wilhelm Weber (1816-1892)
Inducţie magnetică	tesla	T	Nicola Tesla(1857-1943)
Inductivitate	henry	H	Joseph Henry (1797-1878)
Temperatură (scara Celsius)	grad Celsius	°C	Anders Celsius (1701-1744)

Reguli privind formarea şi scrierea unităţilor de măsură:

- denumirile se scriu cu litere mici (metru, newton, kelvin);
- simbolurile se scriu cu litere mici (exemplu: m, s, cd, mol) cu excepţia celor ce derivă din nume proprii (W-Watt etc.)
- pluralul se formează după regulile gramaticale din limba română (secundă - secunde, volt - volţi);

Pentru formarea multiplilor şi a submultiplilor, se utilizează prefixe care se scriu fără spaţiu faţă de unitate (kilometru - km, megawatt - MW) – Tabelul 5.4

Tabelul 5.4.

Factor de multiplicare	Prefix	Simbol	Factor de multiplicare	Prefix	Simbol
10^{18}	exa	E	10^{-1}	deci	d
10^{15}	penta	P	10^{-2}	centi	c
10^{12}	tera	T	10^{-3}	mili	m
10^{9}	giga	G	10^{-6}	micro	µ
10^{6}	mega	M	10^{-9}	nano	n
10^{3}	kilo	k	10^{-12}	pico	p
10^{2}	hecto	h	10^{-15}	femto	f
10^{1}	deca	da	10^{-18}	atto	a

Transformarea multiplului sau submultiplului în unitate se face prin înmulţirea numărului iniţial cu factorul de multiplicare ($5\ kV = 5 \cdot 10^3\ V$, $125\ \mu m = 125 \cdot 10^{-6}\ m$)

Trecerea de la unitate la multiplu sau submultiplul unităţii de măsură se face prin împărţirea numărului iniţial la factorul de multiplicare ($35m = 35:10^3\ km$, $14V = 14:10^{-3} mV$).

România a adoptat Sistemul Internaţional de Unităţi (SI) în anul 1961. Există însă şi alte sisteme, care se aplică în diferite ţări: sistemul anglo-saxon sau sisteme din ţările care nu au aderat la Convenţia Metrului.

În toate domeniile de activitate utilizaţi Sistemul Internaţional de Unităţi (SI)

5.2. Procesul de măsurare

Măsurarea urmăreşte obţinerea unei informaţii cantitative asupra unei mărimi fizice printr-un ansamblu adecvat de procedee tehnice.

Măsurarea: ansamblul de operaţii având ca scop determinarea unei valori a unei mărimi.

Reţine!
Nu se măsoară materiale, obiecte, fenomene, ci proprietăţi ale acestora.

Ansamblul operaţiilor experimentale care se execută în scopul obţinerii valorii unei mărimi constituie procesul de măsurare. Se compară mărimea fizică x cu o altă mărime U_m, de aceeaşi natură cu ea, considerată unitate de măsură, rezultatul fiind valoarea mărimii măsurate X_m. Ecuaţia fundamentală a măsurării este:

$$x = X_m \cdot U_m$$

Valoarea unei mărimi este prezentată sub forma produsului dintre un număr (valoarea numerică) şi o unitate de măsură.

De exemplu:

- *lungimea unei tije: 5,34 m sau 534 cm;*
- *masa unui corp: 0,152 kg sau 152 g;*

Reţine!
Valoarea unei mărimi este independentă de unitatea de măsură folosită. Indicarea unităţii de măsură este obligatorie.

Orice proces de măsurare conţine următoarele elemente principale:

- mărimea de măsurat (măsurandul), care reprezintă un atribut al unui fenomen, al unui corp sau a unei substanţe, care este susceptibil de a fi diferenţiat calitativ şi determinat cantitativ;

– etalonul, care reprezintă un mijloc tehnic destinat a defini, realiza, conserva sau reproduce o unitate sau una sau mai multe valori ale unei mărimi de referinţă;

– mijloacele de măsurare, reprezintă mijloacele tehnice utilizate pentru obţinerea, prelucrarea, transmiterea şi stocarea unor informaţii de măsurare;

– metoda de măsurare reprezintă succesiunea logică a operaţiilor descrise în mod generic, necesare pentru efectuarea măsurărilor;

– beneficiarul măsurării.

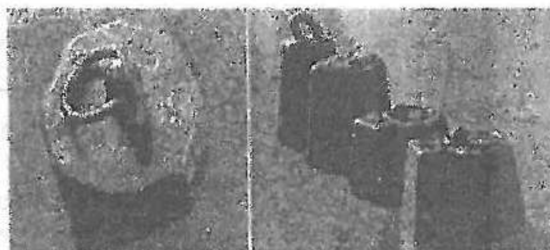
5.3. Mijloace de măsurare

Termenul *mijloc de măsurare* este un termen generic care desemnează un mijloc tehnic utilizat pentru obţinerea, prelucrarea, transmiterea şi stocarea unor informaţii de măsurare. Altfel spus, mijloacele de măsurare sunt acele mijloace tehnice cu ajutorul cărora se determină cantitativ mărimile de măsurat.

Clasificarea mijloacelor de măsurare, conform SR 13251:1996 „Vocabular internaţional de termeni fundamentali şi generali în metrologie", se poate face:

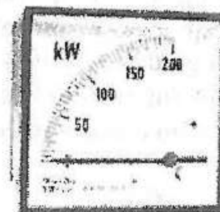
a. în funcţie de complexitate:

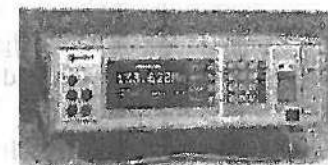
– măsura, care reprezintă mijlocul de măsurare ce materializează una sau mai multe valori ale unei mărimi fizice. Exemple: riglă gradată, raportor, măsură de masă marcată etc.;



Măsuri pentru masă

– aparatul de măsurat, dispozitiv destinat a fi utilizat pentru a efectua măsurări, singur sau asociat cu unul sau mai multe dispozitive suplimentare. Exemple: ampermetru, voltmetru, termometru electric, manometru, ceas comparator, micrometrul electric etc.





Aparat analogic. Aparat digital

- sistemul de măsurare - ansamblu complet de mijloace de măsurare şi alte echipamente, reunite pentru efectuarea unor măsurări specificate.



Sistem de măsurare

b. în funcţie de destinaţie:

– mijloace de măsurare etalon, care servesc la materializarea, conservarea legală şi transmiterea unităţilor de măsură altor mijloace de măsurare;

– mijloace de măsurare de lucru, care sunt utilizate în toate domeniile de activitate pentru efectuarea măsurărilor.

c. după forma prezentării rezultatului se disting:

– mijloace de măsurare analogice, la care există o dependență între mărimea de măsurat și mărimea obținută la ieșire (rezultatul măsurării) indicată printr-o funcție continuă. Valoarea măsurată este obținută prin aprecierea poziției unui indicator în raport cu reperele unei scări gradate;

– mijloace de măsurare digitale (numerice), la care rezultatul măsurării este prezentat direct sub formă numerică.

5.4. Caracteristicile mijloacelor de măsurare

5.4.1. Caracteristici funcționale

• Domeniul nominal al unui mijloc de măsurare este domeniu de indicații care se pot obține într-o configurație dată a comenzilor.

• Intervalul de măsurare este modulul diferenței dintre cele două limite ale unui domeniu nominal.

• Domeniul de măsurare este ansamblu de valori ale măsurandului pentru care eroarea de măsurare este presupusă că se află între limite prescrise.

• Sensibilitatea mijlocului de măsurare reprezintă raportul dintre variația mărimii de ieșire (deplasare indice sau variația numărului afișat) și variația corespunzătoare a mărimii măsurate.

• Pragul de sensibilitate reprezintă cea mai mică valoare a mărimii de intrare ce determină o variație sesizabilă a mărimii de ieșire. Pentru mijloacele de măsurare digitale se utilizează noțiunea de rezoluție, reprezentând cea mai mică variație a mărimii de intrare ce poate fi apreciată pe dispozitivul de afișare al aparatului (o unitate a ultimului rang zecimal).

• Timpul de răspuns al unui mijloc de măsurare este intervalul de timp care trece între aplicarea mărimii de măsurat, la intrarea acestuia și stabilirea indicației corespunzătoare mărimii aplicate. Această caracteristică este importantă în cazurile când se măsoară parametri cu variație relativ rapidă.

5.4.2. Caracteristici metrologice

Exactitatea instrumentală reprezintă calitatea mijlocului de măsurare de a da rezultate apropiate de valoarea adevărată a mărimii măsurate. Se utilizează noțiunile:

- *justețe* = gradul de concordanță dintre valoarea medie obținută dintr-un număr mare de măsurători repetate și valoarea adevărată;
- *fidelitate* = gradul de concordanță dintre mai multe rezultate independente ale unei măsurători, obținute în condiții prescrise;
- *exactitate* = gradul de concordanță dintre rezultatul unei măsurători și o valoare de referință acceptată.

5.5. Etaloane

Etalonul: o măsură, aparat de măsurat sau sistem de măsurare destinat a defini, realiza, conserva sau reproduce o unitate sau una sau mai multe valori ale unei mărimi pentru a servi ca referință.

Etaloanele de definiție materializează definiția unei anumite unități de măsură printr-un obiect sau printr-un experiment. De exemplu, generarea unității de măsură pentru masă se realizează cu etalonul de definiție realizat sub forma unui cilindru având înălțimea și diametrul de aproximativ 39 mm, din aliaj de platină cu 10 % iridiu (kilogramul etalon).

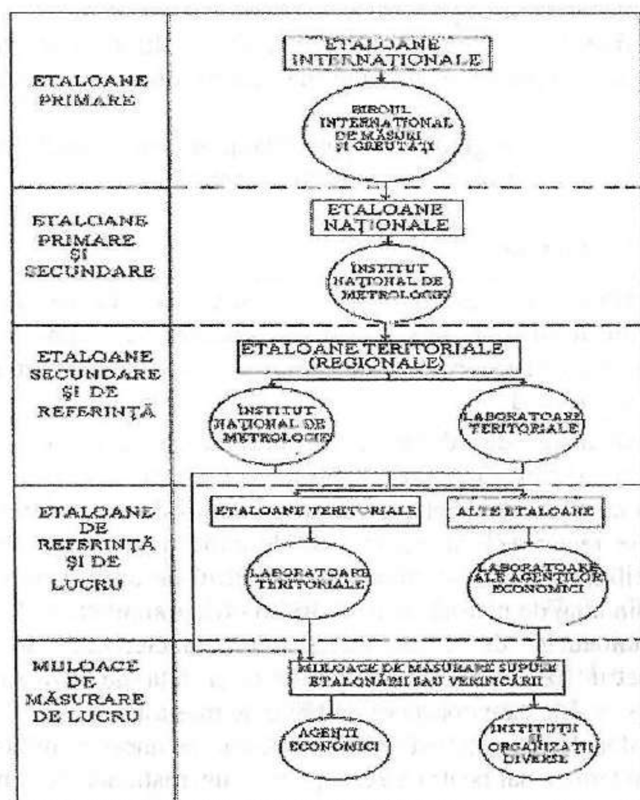
Etaloanele de conservare, sunt caracterizate de un parametru fizic foarte stabil în timp și față de influențele exterioare. Ele care conservă unitățile de măsură.

Etalonul internațional este un etalon recunoscut printr-un acord internațional pentru a servi pe plan internațional drept bază pentru atribuirea de valori altor etaloane ale mărimii considerate.

Etalonul de transfer este utilizat ca intermediar pentru a compara între ele etaloane iar etalonul de lucru este utilizat în mod curent pentru a etalona sau verifica mijloace de măsurare

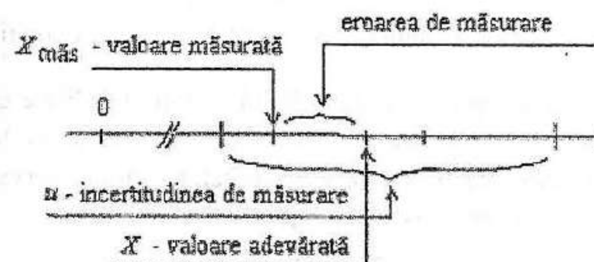
Etalonul național este un etalon recunoscut printr-o decizie națională pentru a servi într-o țară drept bază pentru atribuirea de valori altor etaloane ale mărimii considerate.

Transmiterea unităților de măsură se realizează prin operații de etalonare și/sau verificare metrologică, pornind de la etaloanele internaționale și naționale, trecând prin niveluri succesive de exactitate la mijloace de măsurare de lucru.



5.6. Erori de măsurare

Exactitatea unui mijloc de măsurare este proprietatea acestuia de a da răspunsuri apropiate de o valoare adevărată.



Valoarea individuală măsurată a unei mărimi este valoarea obținută pentru mărimea respectivă printr-o singură operație de măsurare.

Valoarea adevărată a unei mărimi este valoarea fără erori a mărimii.

Eroarea rezultatului măsurării este diferența dintre rezultatul măsurării (valoarea măsurată) și valoarea adevărată.

Se definesc următoarele tipuri de erori:

• Eroarea absolută, reprezintă diferența dintre indicația unui mijloc de măsurare $X_{măs}$ și valoarea adevărată a mărimii de intrare corespunzătoare X:

$$\Delta X = X_{măs} - X$$

Ea se exprimă în aceleași unități de măsură ca și mărimea măsurată, putând fi negativă sau pozitivă.

Eroarea absolută, cu semn schimbat, se numește corecție ($C = -\Delta X$). Corecția este adăugată la rezultatul măsurării pentru a obține valoarea mărimii :

$$X = X_{măs} + C$$

• Eroarea relativă, se definește ca raportul dintre eroarea absolută ΔX și valoarea adevărată X a mărimii:

$$\varepsilon = \frac{X_{mas} - X}{X}$$

sau în procente:

$$\varepsilon(\%) = \frac{X_{mas} - X}{X}100$$

Ca şi eroarea absolută, eroarea relativă poate fi pozitivă sau negativă.

• Eroarea raportată, este definită ca raportul dintre eroarea absolută ΔX şi o valoare X_c indicată în specificaţiile tehnice ale mijlocului de măsurare (extremitatea scării, intervalul de măsurare, o anumită valoare de pe scară etc.):

$$\varepsilon_R(\%) = \frac{X_{mas} - X}{X_c}100$$

5.7. Noţiuni de legislaţie metrologică

Metrologia legală are ca scop stabilirea, pe baze ştiinţifice, a legilor şi reglementărilor necesare pentru asigurarea validităţii măsurărilor în tranzacţiile comerciale şi în alte domenii supuse reglementărilor. Ea fixează, în particular, unităţile, condiţiile de verificare a mijloacelor de măsurare şi limitele maxime ale erorilor admisibile în domeniul respectiv precum şi organismele care asigură uniformitatea măsurărilor.

În anul 1955, a fost înfiinţat un for internaţional - Organizaţia Internaţională de Metrologie Legală (OIML) - din care face parte şi România ca membru fondator. Activitatea sa urmăreşte stabilirea principiilor generale ale metrologiei legale, crearea unei documentaţii internaţionale, studierea problemelor legislative, stabilirea proiectelor de legi şi a organizării în domeniul metrologiei pe plan internaţional.

În România, Biroul Român de Metrologie Legală (BRML) este organismul central de coordonare metrologică, având rolul de a impune aplicarea legii în domeniul măsurărilor şi de a exercita o acţiune continuă în direcţia progresului şi promovării metrologiei.

Activitatea metrologică în ţara noastră are un trecut valoros. La 15 septembrie 1864, domnitorul Alexandru Ioan Cuza a promulgat "Legea pentru adoptarea sistemului metric de greutăţi şi măsuri" care se constituie drept primul act oficial de naştere a Metrologiei legale în ţara noastră. În anul 1866 a fost elaborat şi "Regulamentul relativ la măsuri, greutăţi şi verificarea lor" care prevedea în detaliu forma şi materialul pentru realizarea greutăţilor, precum şi reglementări de inspectare a debitului mărfurilor, infracţiunile la regimul măsurărilor şi măsurile punitive care se puteau lua în caz de abateri.

În anul 1921, este promulgată "Legea pentru aplicarea sistemului metric de măsuri şi greutăţi pe întreg Regatul României cu provinciile unite", care aduce concepte noi de metrologie legală, cum ar fi aprobarea de model. Suplimentar, este extinsă obligativitatea verificării metrologice şi pentru "măsurările de gaz, de apă, de electricitate" pentru "alcoolmetre, termometre, manometre şi alte aparate speciale".

După al doilea război mondial, în 1951, se înfiinţează Direcţia Generală pentru Metrologie; aceasta se transformă în anul 1957 în Oficiul de Stat pentru Metrologie. Caracteristic acestei perioade este extinderea competenţei organelor de metrologie, de la un număr destul de limitat de mijloace de măsurare la, practic, toate mijloacele de măsurare existente, în conformitate cu politica statului.

A 13-a Conferinţă Generală de Măsuri şi Greutăţi din 1960 adoptă Sistemul Internaţional de unităţi de măsură, ce devine legal şi obligatoriu, din anul 1961, şi în România.

În anul 1992, s-a înfiinţat Biroului Român de Metrologie Legală realizându-se aplicarea politicii statului în domeniul metrologiei în conformitate cu principiile economiei de piaţă şi cu prevederile convenţiilor internaţionale la care România este semnatară.

Obiectivul fundamental al politicii metrologice naţionale îl constituie asigurarea uniformităţii şi corectitudinea măsurărilor. Activitatea de metrologie este constituită ca un sistem de structuri tehnico-ştiinţifice şi administrative, realizat pe baze teoretice

proprii şi care funcţionează conform unor reglementări tehnice şi juridice care asigură uniformitatea şi corectitudinea măsurărilor.

În esenţă, sistemul menţionat cuprinde două tipuri de structuri, funcţie de activităţile de bază:

- structuri ca caracter tehnico-ştiinţific, care înglobează reproducerea, conservarea şi transmiterea unităţilor de măsură prin prestarea unor servicii pentru utilizatorii de mijloace de măsurare şi de informaţii de măsurare;
- structuri cu caracter tehnico-administrativ, care asigură coordonarea, supravegherea şi controlul metrologic al mijloacelor de măsurare şi al măsurătorilor.

Metrologia legală cuprinde ansamblul reglementărilor şi al activităţilor specifice pentru protejarea persoanelor fizice şi juridice împotriva efectului nociv al măsurărilor incorecte sau frauduloase. Dintre atribuţiile principale ale forului conducător din domeniul metrologiei se pot aminti:

- elaborarea actelor normative şi a instrucţiunilor de metrologie legală, armonizate cu reglementările internaţionale;
- elaborarea normelor şi procedurilor de metrologie legală cu caracter obligatoriu;
- coordonarea şi supravegherea activităţii de reproducere, conservare şi transmitere a unităţilor de măsură şi de atestare a etaloanelor din sistemul naţional; asigurarea trasabilităţii etaloanelor naţionale la cele internaţionale;
- elaborarea şi revizuirea periodică a "Lista oficială a mijloacelor de măsurare supuse obligatoriu controlului metrologic al statului";
- efectuarea controlului metrologic al statului asupra măsurărilor şi a mijloacelor de măsurare folosite în domeniile de interes public;
- reglementarea, supravegherea şi controlul construirii, fabricării, importului, reparării, modificării, închirierii, vânzării, etalonării, verificării, instalării şi utilizării mijloacelor de măsurare folosite în domenii de interes public;

- acordarea sau retragerea autorizaţiilor şi avizelor pentru exercitarea activităţilor prevăzute de lege în legătură cu mijloacele de măsurare sau cu măsurările din domeniile de interes public;
- acordarea sau retragerea acreditării laboratoarelor care execută etalonări şi verificări metrologice la mijloacele de măsurare nesupuse controlului metrologic al statului;
- organizarea funcţionării reţelei proprii de laboratoare de etalonări şi verificări metrologice;.

Categoriile de măsurări care se supun controlului metrologic obligatoriu al statului sunt:

- măsurările efectuate în cadrul unor tranzacţii comerciale sau măsurările pe baza cărora se stabilesc costuri pentru utilităţi publice, tarife, taxe, daune, impozite şi altele;
- măsurările efectuate asupra unor mărimi ce afectează interesele cetăţenilor, cum sunt: concentraţia de zahăr şi concentraţia de alcool în băuturi, concentraţia de grăsimi în lapte şi unt, masa hectolitrică şi umiditatea cerealelor, viteza autovehiculelor, concentraţia alcoolică din sânge;
- măsurările efectuate asupra unor mărimi ce afectează sănătatea publică sau protecţia mediului: poluanţii metalici, organici din apă, pesticidele, alte substanţe toxice, gazul de eşapament al autovehiculelor, conţinutul de noxe din atmosferă
- măsurările care privesc produsele şi mărfurile care se livrează şi se vând preambalate, conţinând cantităţi determinate, indicate prin etichetare sau sub altă formă;
- alte măsurări din domenii care pot afecta sănătatea şi securitatea persoanelor şi protecţia mediului.

5.8. Aparate de măsurat

5.8.1. Aparate analogice

În cazul aparatelor *analogice* mărimea de ieşire este funcţie continuă de mărimea de intrare, uşor sesizabilă de către om şi măsurabilă cu ajutorul unei scări gradate. Mărimea fizică ce

îndeplineşte aceste cerinţe este deplasarea (liniară sau unghiulară) a unui indicator în faţa scării gradate. Efectuarea unei deplasări, prin acţiuni ale mărimilor electromagnetice, se poate realiza prin producerea de forţe (cupluri), prin dilatare termică sau prin efecte electrochimice.

Aparatele analogice la care deplasarea echipajului mobil se realizează prin exercitarea de forţe se numesc aparate de tip *electromecanic*. După principiul de funcţionare şi instrumentul utilizat pentru producerea forţelor, aceste aparate de măsurat se clasifică în: magnetoelectrice, feromagnetice, cu rezonanţă mecanică, electrodinamice, de inducţie, electrostatice şi termice.

Aparatele analogice indică valoarea mărimii electrice (intensitatea curentului electric sau tensiunea electrică) la simpla lor conectare în circuitul de unde absorb energia necesară funcţionării. Ca urmare, cu excepţia aparatelor electrostatice, toate celelalte aparate electromecanice sunt caracterizate prin consum propriu de energie.

5.8.2. *Aparate magnetoelectrice*

Dispozitivul care generează cuplul activ într-un instrument magnetoelectric este format dintr-un magnet permanent şi o bobină parcursă de curent. Există două posibilităţi de realizare practică: cu magnet permanent fix şi bobină mobilă – Fig.5.2 – sau, mai rar, cu bobină fixă şi magnet mobil.

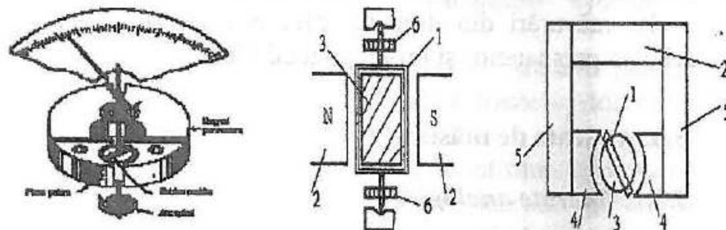


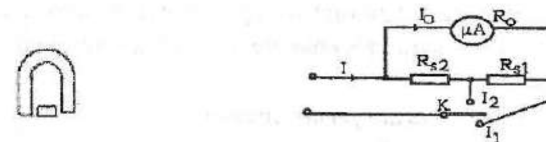
Fig.5.2

Cuplul activ ia naştere ca urmare a interacţiunii dintre câmpul magnetic al magnetului permanent şi curentul care circulă prin bobină. Circuitul magnetic este format din magnetul permanent (2), jugul magnetic (5), miezul cilindric (3) şi piesele polare (4). Bobina mobilă (1) este plasată în întrefier, foarte bine centrată cu ajutorul sistemului de suspensie şi este formată dintr-un cadru pe care sunt bobinate mai multe spire din conductor izolat foarte subţire

Deviaţia acului indicator este proporţională cu intensitatea curentului:

$$\alpha = \frac{\Phi_0}{D} I$$

Instrumentul magnetoelectric măsoară numai mărimi continui în timp, indicaţia sa fiind proporţională cu intensitatea curentului. În Fig.5.3 este prezentat simbolul aparatului magnetoelectric.

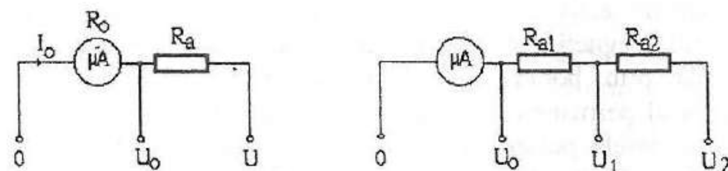


Simbolul aparatului magnetoelectric *Şunt*

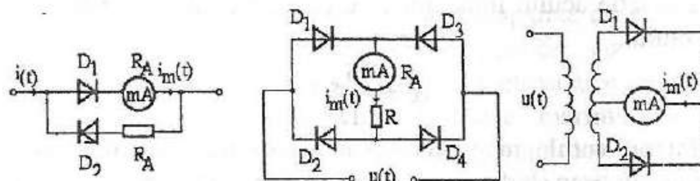
Fig.5.3.

Ampermetrul magnetoelectric se realizează conectând instrumentul magnetoelectric, la bornele unui şunt simplu sau multiplu. O parte din curentul *I* de măsurat trece prin rezistenta R_s a şuntului şi nu prin rezistenţa electrică R_0 a bobinei mobile a instrumentului.

Voltmetrul magnetoelectric se obţine din instrumentul magnetoelectric căruia i se înseriază una sau mai multe rezistenţe adiţionale, pentru a avea unul sau mai multe intervale de măsurare



Realizarea voltmetrului magnetoelectric:
a) cu un interval de măsurare; b) cu intervale multiple.



Aparat magnetoelectric cu redresor

Prin asocierea instrumentului magnetoelectric cu dispozitive de redresare, se obține un *aparat magnetoelectric cu redresor*. El poate măsura valoarea efectiva a curentului sinusoidal

5.8.3. Aparate feromagnetice

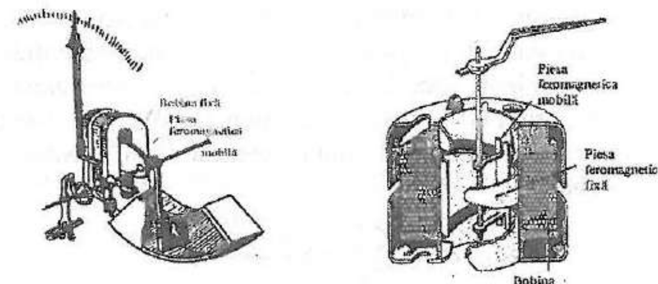
Cuplul activ la instrumentului feromagnetic este creat de interacțiunea dintre câmpul magnetic produs de curentul electric și unul sau mai multe elemente mobile din material feromagnetic. Dispozitivul de producere a cuplului activ este compus dintr-o bobină fixă, ce generează la trecerea curentului electric un câmp magnetic, una sau mai multe piese feromagnetice fixe și o piesă feromagnetică mobilă. Se cunosc două tipuri de instrumente feromagnetice: cu atracție și cu repulsie .

La instrumentul feromagnetic cu repulsie bobina (1) este cilindrică, iar piesa feromagnetică mobilă (2`), solidară cu axul, este un sector circular de formă dreptunghiulară, așezat excentric pe ax. Ea se poate mișca în fața unei piese feromagnetice (2), de formă specială, fixată în interiorul bobinei. La acest tip de instrument cuplul activ ia naștere prin

magnetizarea în același sens, în câmpul creat de bobină, a piesei fixe și a celei mobile, care se resping, producând rotirea sistemului mobil.

Deviația instrumentului feromagnetic este proporțională cu pătratul curentului măsurat, deci scara aparatului nu este liniară.

Instrumentul feromagnetic este un ampermetru și există o posibilitate foarte simplă de a modifica intervalul de măsurare al acestuia. Alegând o anumită solenație maximă, se poate calcula numărul de spire necesar pentru realizarea unui anumit interval de măsurare. Spre exemplu, pentru solenația (*NI*) = 200 Aspire, se poate realiza un ampermetru cu intervale de măsurare de 1A, 5A și 10A; în acest caz numărul de spire *N* al bobinei va fi de 200 spire, 40 spire, respectiv 20 spire, realizate cu un conductor de secțiune corespunzătoare curentului măsurat.

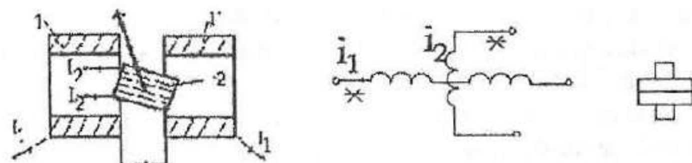


Instrumente feromagnetice

Banda de frecvență a ampermetrelor feromagnetice este inscripționată pe cadranul lor; valorile uzuale sunt cuprinse între (20 – 125)Hz. Clasa de exactitate este 0,2-0,5 la aparatele de laborator și 1,5 - 2,5 la aparate de tablou de uz industrial.

5.8.4. Aparate electrodinamice

Producerea cuplului activ la instrumentul electrodinamic se bazează pe forțele care apar între bobine parcurse de curenți electrici.

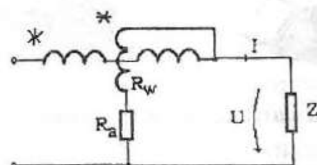


Instrument electrodinamic

Deviația acului indicator este proporțională cu produsul intensităților curenților ce parcurg cele două bobine.

Un aparat important în măsurările electrice în curent continuu și în curent alternativ este wattmetrul. El măsoară puterea electrică în circuitele de curent continuu și puterea activă în circuitele de curent alternativ.

Bobina fixă a instrumentului electrodinamic, cu spire puține și groase, se montează în serie cu receptorul a cărui putere se măsoară, fiind parcursă de intensitatea curentului i din circuit. Bobina mobilă se conectează la tensiunea de alimentare, printr-o rezistență adițională R_a, de valoare suficient de mare pentru a limita curentul i_2 prin bobină la valori raționale.



Montarea wattmetrului electrodinamic pentru măsurarea puterii electrice

Puterea se determină prin citirea deviației aparatului și multiplicarea acesteia cu constanta C_W:

$$P = C_W \cdot \alpha$$

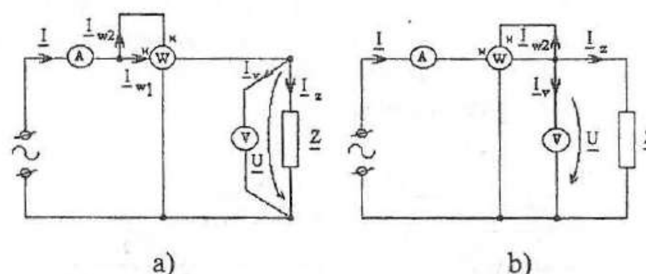
Constanta wattmetrului rezultă din relația:

$$C_W = \frac{U_n I_n \cos\varphi_n}{\alpha_{max}}$$

unde α_{max} reprezintă numărul maxim de diviziuni al scalei gradate iar factorul de putere nominal al aparatului $\cos\varphi_n$ este, de regulă, egal cu 1, în lipsa altei specificații oferite de fabricant.

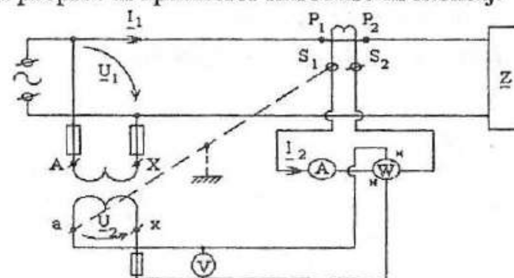
Pentru receptoarele alimentate din rețele având tensiuni nominale sub 1 kV și care absorb curenți de ordinul amperilor, se utilizează wattmetre având parametrii U_n și I_n egali sau mai mari cu parametrii nominali ai consumatorului.

În funcție de modul de conectare a bobinei de tensiune se disting două montaje posibile: amonte și aval.



Măsurarea puterii active cu wattmetrul în c.a. monofazat:
a) montaj amonte; b) montaj aval.

Pentru măsurări industriale, de exactitate mai scăzută, valoarea puterii măsurate rezultă direct din citirea deviației α. Pentru măsurători de exactitate ridicată, trebuie considerat consumul propriu al aparatelor introduse în montaj.



Măsurarea puterii active în circuit monofazat cu transformatoare de măsurare.

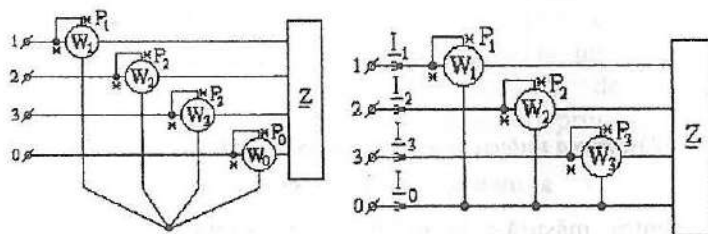
În circuitele monofazate în care tensiunile şi curenţii depăşesc valorile nominale ale wattmetrului, se utilizează transformatoare de măsurare de curent şi de tensiune care, uzual, au valorile nominale ale mărimilor secundare 5A (1A) şi respectiv 100V. Schema utilizată este prezentată în figura următoare. Puterea activă *P* consumată de receptorul din primar se calculează, pe baza puterii P_W indicate de wattmetrul montat în circuitele secundare al transformatoarelor de măsurare, cu relaţia:

$$P = P_W \cdot k_{In} \cdot k_{Un}$$

unde k_{In} şi k_{Un} sunt rapoartele nominale de transformare.

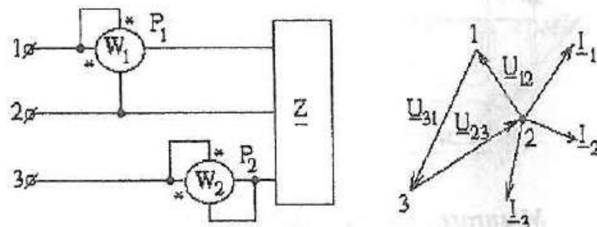
Wattmetrele se pot utiliza şi pentru măsurarea puterii active trifazate consumate. Se disting următoarele situaţii:

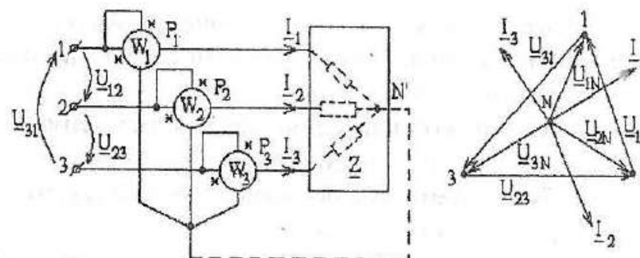
- *circuit trifazat cu conductor neutru:*



În ambele situaţii, puterea activă *P* consumată de receptorul trifazat Z se obţine ca sumă a indicaţiilor wattmetrelor din schema respectivă.

- *circuit trifazat fără conductor neutru:*





Puterea consumată de receptorul trifazat rezultă tot ca sumă a indicaţiilor wattmetrelor.

5.9. Măsurarea energiei electrice

Măsurarea energiei electrice este o operaţie metrologică importantă în economia unei ţări, ea asigurând decontarea corectă a consumurilor de energie electrică către furnizori.

5.9.1. Definiţii

Dacă un consumator funcţionează un timp oarecare>

$$\Delta t = t_2 - t_1,$$

cu puterea electrică P constantă, atunci energia electrică consumată de acesta va fi:

$$W = P\,\Delta t = P(t_2 - t_1)$$

Dar puterea electrică consumată de un receptor nu este constantă decât în intervale foarte scurte de timp. În această situaţie, energia consumată în intervalul de timp dat se obţine prin însumarea energiilor parţiale consumate

În curent continuu, întreaga energie absorbită de un consumator de la o sursă se consumă, în sensul că se transformă în altă formă de energie: mecanică, calorică sau luminoasă. Energia electrică este proporţională cu puterea electrică P = UI.

În curent alternativ, nu se consumă întreaga energie absorbită de la sursă, ci o parte se regăseşte sub formă de

energie electrică reactivă în componentele reactive ale circuitului (bobine, condensatoare). Deci, în curent alternativ există două forme de energie electrică:

- *activă* (Wa), determinată de puterea electrică activă

$$P = U I \cos \varphi;$$

- *reactivă* (W_r), determinată de puterea electrică reactivă

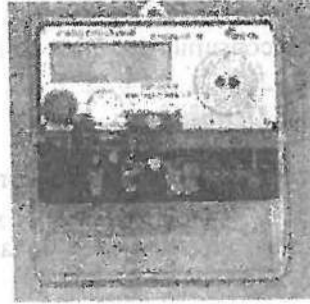
$$Q = U I \sin \varphi .$$

Unitatea de măsură pentru energia electrică activă este *wattsecunda* (1W·1s=1J). În practică se utilizează *kilowattora* (kWh).Unitatea de măsură pentru energia electrică reactivă este *varsecunda* sau *kilovarora*.

Aparatele cu care se măsoară energia electrică se numesc **contoare de energie electrică.**



Contor de inducție



Contor digital

Contoarele sunt **aparate integratoare** care conțin:

- un *dispozitiv de măsurat* al cărui cuplu activ este proporțional cu puterea electrică;
- un *dispozitiv integrator* care însumează energiile parțiale într-un interval de timp dat.

Energia electrică activă în rețele monofazate se măsoară cu ajutorul **contorului monofazat: de inducție sau static**

♦ **Contorul monofazat de inducție** este un aparat de măsurat de tip electromecanic alcătuit din:

- dispozitiv de măsurat de inducție, al cărui cuplu activ este proporțional cu puterea activă consumată de receptor;
- mecanism integrator, de tip mecanic, care permite înregistrarea și afișarea energiei electrice consumate într-un anumit interval de timp.

Dispozitivul de inducție - Principiul de funcționare se bazează pe fenomenul de inducție electromagnetică. Interacțiunea dintre câmpurile magnetice variabile create de bobine inductoare fixe și curenții induși într-un disc de aluminiu determină apariția unui cuplu activ care pune în mișcare sistemul mobil.

Sistemul mobil constă dintr-un *disc de aluminiu* fixat pe un ax vertical. Sistemul fix este format din *doi electromagneți:*

- electromagnetul de curent, care are bobina legată în serie în circuitul de măsurare;
- electromagnetul de tensiune, care are bobina legată în paralel în circuit.

Circuitele magnetice ale celor doi electromagneți sunt prevăzute fiecare cu un întrefier în care se rotește discul. De asemenea, discul se rotește și printre polii unui *magnet permanent.*

Momentul cuplului activ este proporțional cu puterea activă P consumată de receptor:

$$Ma = K_1 U I \cos \varphi = K_1 P$$

și determină rotirea discului de aluminiu cu turația n.

Rotația discului, determinată de cuplul activ, este frânată cu ajutorul unui magnet permanent care produce un cuplu rezistent proporțional cu *turația n* a discului, al cărui moment este:

$$Mr = K_2 n$$

Într-un interval de timp t_2–t_1, discul efectuează un număr total de rotații:

$$N = K_3 P (t_2 - t_1) = K_3 W_a$$

Din această relație observăm că numărul total de rotații pe care îl efectuează discul în intervalul de timp dat este proporțional cu energia electrică activă consumată în acel interval de timp:

$$W_a = C\,N$$

unde C <kWh/rot> se *numeşte constanta reală* a contorului.

În practică, pe contor se inscripţionează inversa acestei constante, numită constanta nominală, C_n

$$C_n = \frac{1}{C} = \frac{N}{W_a}$$

Constanta nominală reprezintă numărul de rotaţii pe care le efectuează discul pentru a măsura un consum de energie de 1kWh.

De exemplu: C_n = 480 rot / kWh.

Mecanismul integrator este realizat cu roţi dinţate şi conţine un sistem de transmisie şi un dispozitiv de înregistrare.



Caracteristici metrologice

Pe plăcuţa indicatoare a contorului sunt inscripţionate:

- Tensiune de referinţă Un a reţelei în care se introduce contorul;
- Curentul de baza Ib;
- Curentul maxim Imax, ce poate fi măsurat în cadrul clasei de exactitate;
- Frecvenţa de referinţă fn a tensiunii reţelei electrice;
- Indicele clasei de exactitate c (eroarea se calculează în funcţie de energia înregistrată);
- Constanta nominală;
- Schema de conectare.

Valori uzuale pentru caracteristicile metrologice ale contorului monofazat:

Un = 110, 120, 125, 127, 220, 230, 240 V;
Ib=2,5; 5; 10; 15; 20; 25 A;
Imax=120, 200, 300, 400 %Ib
fn = 50, 60 Hz

Contorul monofazat cu dublu tarif

Pentru realizarea unor tarife diferenţiate într-un interval de timp bine delimitat, s-au realizat contoare cu două mecanisme integratoare. Un releu tip clapetă comandat de un ceas comută înregistrarea numărului de rotaţii pe care le efectuează discul de pe un mecanism integrator pe celălalt.

♦ **Contorul static**

Măsurarea energiei electrice active si reactive se poate realiza cu aparate de măsurat electronice, numite contoare statice. Introducerea microprocesoarelor în lanţul de măsurare conduce la o extindere a funcţiilor de măsurare şi la creşterea exactităţii de măsurare. Se construiesc:

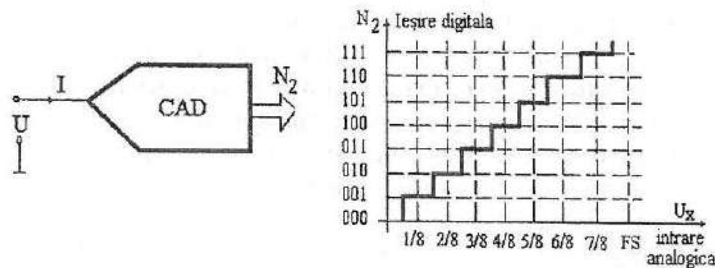
a) contoare statice electronice la care elementul de bază este un multiplicator electronic. Mărimile u(t) şi i(t) sunt aplicate, prin intermediul circuitelor de intrare (de obicei, pentru i(t) un şunt iar pentru u(t) un divizor de tensiune), la intrările multiplicatorului. Acesta produce la ieşire o tensiune electrică proporţională cu produsul celor două mărimi. După trecerea acestei tensiuni printr-un filtru trece jos FTJ, rămâne doar o tensiune proporţională cu puterea activă. Prin intermediul unui dispozitiv integrator se obţine energie electrică.

b) contoare numerice, care asigură eşantionarea semnalelor de tensiune u(t) şi de curent i(t) şi conversia acestora în semnale digitale care sunt utilizate de procesorul unui calculator pentru obţinerea energiei electrice şi a altor mărimi ca: valorile efective ale tensiunii electrice şi intensităţii curentului electric.

5.10. Aparate digitale de măsurat

5.10.1. Convertoare analog-digitale (CAD)

Convertorul analog-digital realizează transformarea unei tensiuni sau a unui curent într-un cod numeric (N_2). În figură este prezentat simbolul CAD şi caracteristica de conversie a acestuia.



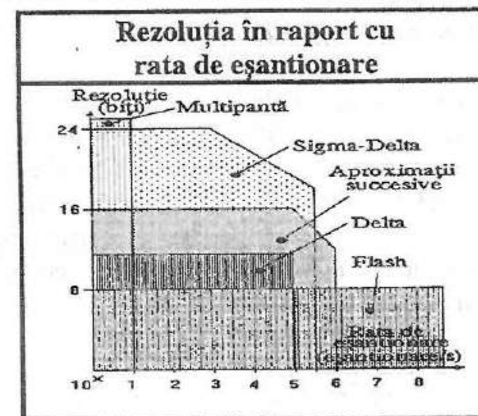
Convertor analog-digital.

Se construiesc:

- *convertoare paralele* - a căror codificare intermediară este de tip paralel; exemplu: convertorul 'Flash';
- *convertoare seriale* - a căror codificare intermediară este dată de o anumită structură de cod serial care prin intermediul unui CDA inclus în bucla de reacție perfectează conversia; exemple: convertoarele cu rampă digitală, convertoarele cu aproximații succesive;
- *convertoare cu mărime intermediară timp* - este cazul tuturor CAD multipantă;
- *convertoare cu mărime intermediară frecvență* ;
- *convertoare cu modulație* - convertoarele Delta, convertoarele Sigma-Delta.

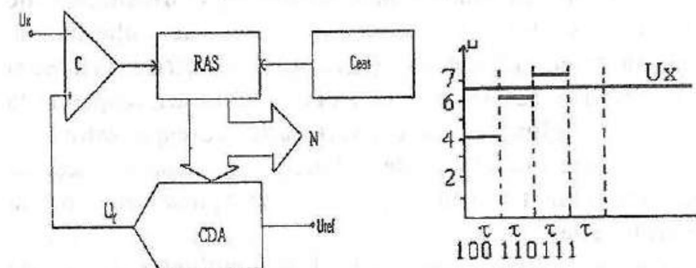
În figura următoare este prezentată o comparație a performanțelor acestor tipuri de convertoare analog-digitale. De exemplu, pentru realizarea multimetrelor digitale se preferă utilizarea convertoarelor cu integrare (cu mărime intermediară timp, frecvență sau modulație Sigma-Delta).

Prezentăm funcționarea unuia din cele mai utilizate convertoare analog-digitale, cel cu aproximații succesive.



Performanțele CAD

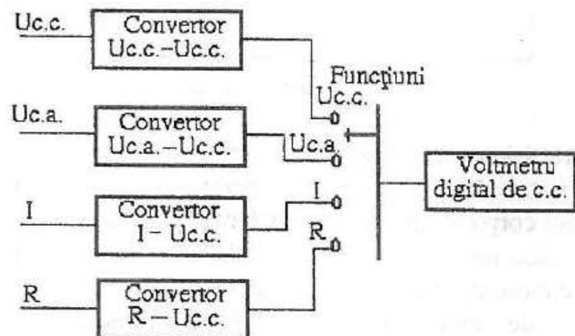
Pentru a înțelege modul de funcționare al acestui convertor analog-digital să ne amintim de operația simplă de cântărire a masei unui corp cu ajutorul unei balanțe. Se pune pe un platan al balanței masa necunoscută și pe celălalt platan încep să se pună greutăți cunoscute. Dacă nu s-a realizat echilibrarea, se continuă cu greutăți de valori din ce în ce mai mici pînă la echilibru. La fel, determinarea valorii unei tensiuni, reprezentată printr-un număr cu *n* biți, prin metoda de aproximare succesivă, se efectuează în *n* pași, în fiecare etapă rezultând valoarea bitului dintr-un rang, începând cu cel mai important.



CAD cu aproximații succesive.

5.10.2. Multimetre digitale

Multimetrele sunt aparatele de măsurare cu cea mai mare răspândire, care se încadrează în clasa celor ce măsoară amplitudini (integrale, cum ar fi valoarea medie şi valoarea efectivă, eventual frecvenţa) precum şi parametri electrici de circuit (rezistenţă, eventual capacitate). Aceste domenii de măsurare le justifică şi numele de multimetre sau AVO-metre (Amperi, Volţi şi Ohmi).



Schema de ansamblu a unui multimetru digital este cea din figura de mai sus. Se observă că elementul de bază este un voltmetru digital. În schema bloc se disting convertoarele de intrare pentru tensiune continuă, tensiune alternativă, intensitatea curentului electric şi rezistenţă electrică. Alegerea mărimii măsurate se face prin conectarea la intrări, respectiv la ieşirile către voltmetru, a convertorului corespunzător, cu ajutorul comutatoarelor de funcţiuni. Toate ieşirile convertoarelor sunt tensiuni, pentru a se aplica semnalul la voltmetrul digital.

Indiferent de tipul constructiv al dispozitivelor de afişare (LED-uri, tuburi cu descărcare în gaze, LCD-uri) sau modul de formare al caracterelor, ceea ce caracterizează aparatul este

modul cum se face afişarea, mai exact numărul de digiţi afişaţi. Tot afişarea prezintă o informaţie asupra exactităţii aparatului, ţinând cont că aflarea incertitudinii acestuia înseamnă consultarea unor tabele, aceste date fiind diferite pentru fiecare mărime şi domeniu în parte.

În general afişarea cuprinde un număr de digiţi (cifre zecimale) plus indicatoare de semn a mărimii afişate. Formele cele mai răspândite ale dispozitivelor de afişare numerică sunt prezentate în figura următoare.



Numărul de digiţi ai afişoarelor digitale.

Schimbarea intervalelor de măsurare are ca scop menţinerea erorii relative $\varepsilon = \pm\frac{\Delta x}{x_n}$ la o valoare cât mai mică. Această schimbare a domeniilor de măsurare se poate face manual sau automat, în cadrul unui proces de *autoscalare*, care are aici rolul de a păstra eroarea de măsurare la un minim posibil.

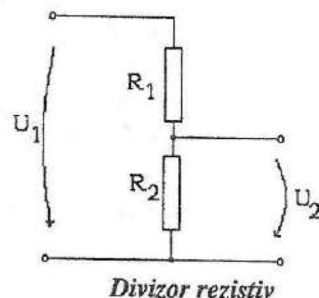
5.11. Construcţia şi tehnologia de fabricaţie a aparatelor electrice

5.11.1. Convertoare de intrare

Convertoarele de intrare permit modificarea nivelului semnalelor, fără a le afecta forma, fiind utilizate, în special,

pentru extinderea intervalului de măsurare al aparatelor electrice (ampermetre, voltmetre, wattmetre, cosfimetre, contoare, compensatoare, punţi etc).

Divizoarele de tensiune sunt utilizate la măsurarea tensiunilor continue, alternative şi de impuls, stabilesc o relaţie de dependenţă liniară, pe un anumit interval, între mărimea de măsurat electrică şi mărimea electrică ce acţionează asupra convertoarelor intermediare de prelucrare. *Divizorul de tensiune rezistiv* este realizat din rezistoare bobinate, putând atinge exactităţi ridicate ($10^{-5}...10^{-6}$), sau din rezistenţe cu peliculă metalică, situaţie în care exactitatea este mai scăzută ($10^{-2}...10^{-3}$) dar suficient de bună pentru instrumentaţia analogică şi digitală.

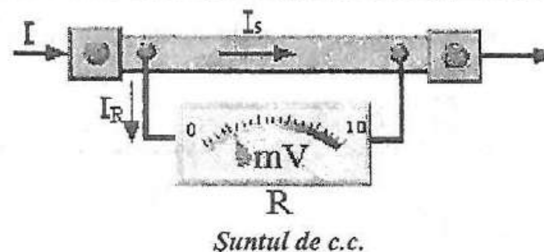


Divizor rezistiv

Mărimea de măsurat este tensiunea continuă U_1 iar mărimea de ieşire este tensiunea continuă U_2. Considerând funcţionarea divizorului în gol rezultă tensiunea de ieşire:

$$U_2 = U_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Şuntul este folosit pentru măsurarea curenţilor de valori mari în circuitele de curent continuu. Şuntul uzual de curent continuu, construit din manganină, este înglobat în interiorul aparatelor pentru curenţi până la 20-30A sau este extern, sub forma unei piese separate, pentru curenţi până la mii de amperi.



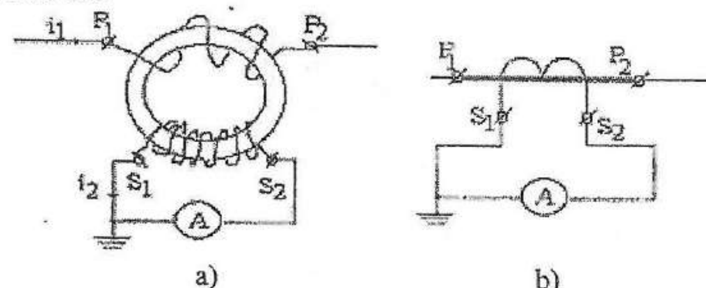
Şuntul de c.c.

Şuntul are patru borne pentru conectarea în circuit: două borne de curent şi două borne de tensiune. Rezistenţa R_S a şuntului este definită între bornele de tensiune. Relaţia de calcul a rezistenţei şuntului: $R_S = \frac{R}{n-1}$; $n = \frac{I}{I_R}$

Transformatoare de măsurare sunt dispozitive de raport inductive utilizate drept convertoare de intrare pentru măsurări în circuite de curent alternativ. Se folosesc pentru extinderea intervalului de măsurare al mijloacelor de măsurare electrice (când I > (20...50)A sau U > 600V) şi pentru alimentarea circuitelor respective cu valori reduse faţă de cele din circuitele primare. De asemenea, asigură separarea galvanică între circuitul de înaltă tensiune şi cel de joasă tensiune, asigurând protecţia operatorilor şi a aparatelor de măsurare. Secundarul transformatorului de măsurare, al căror primar este conectat în circuite de înaltă tensiune, se leagă la pământ. Principiul de funcţionare bazându-se pe fenomenul de inducţie electromagnetică, *transformatoarele de măsurare funcţionează numai în curent alternativ.*

Transformatorul de măsurare de curent se utilizează pentru reducerea curenţilor de măsurat la o valoare standardizată de 5A (sau 1A). Transformatorul de măsurare de curent este construit dintr-un circuit feromagnetic închis, confecţionat din tole, pe care se dispun atât înfăşurarea primară cu N_1 spire cât şi cea secundară cu N_2 spire. Circuitul primar al transformatorului se montează în serie în circuitul în care se doreşte măsurarea curentului iar circuitul secundar se închide

pe un ampermetru sau pe circuitul de curent al unui wattmetru, contor etc.



a) b)

Transformator de măsurare de curent.
a) Schema de principiu; b) Simbol.

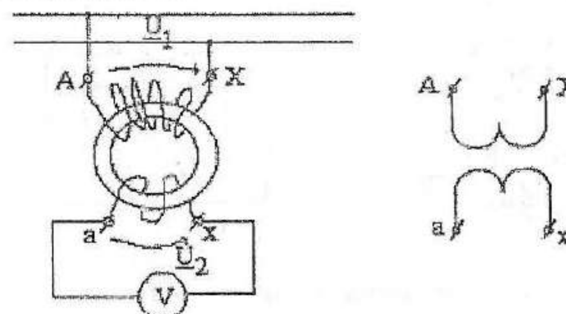
Raportul de transformare nominal k_{in} - definit ca raportul între curentul nominal primar şi curentul nominal secundar:

$$k_{in} = \frac{I_{1n}}{I_{2n}}$$

Transformatorul de măsurare de curent are regimul nominal de funcţionare în scurtcircuit, deoarece rezistenţa internă a aparatelor conectate în secundar (ampermetre, bobine de curent ale wattmetrelor, contoarelor etc.) este foarte mică. Regimul de avarie este regimul de mers în gol şi de aceea nu este permisă conectarea siguranţelor fuzibile în secundarul transformatorului de măsurare de curent la lăsarea bornelor secundare în gol.

Transformatorul de măsurare de tensiune se utilizează pentru reducerea valorilor tensiunii electrice în circuite cu tensiuni nominale peste 500V, la o tensiune secundară compatibilă cu aparatele uzuale de măsurare (100V). Un transformator de tensiune este constituit dintr-un circuit feromagnetic închis, confecţionat din tole, pe care se dispun atât înfăşurarea primară cu N_1 spire cât şi înfăşurarea secundară cu N_2 spire. La bornele înfăşurării primare se aplică tensiunea de măsurat U_1, iar la bornele înfăşurării secundare

se leagă un voltmetru sau circuitul de tensiune al unui wattmetru, contor etc.



Transformator de măsurare de tensiune

Raportul de transformare nominal este: $k_{un} = \frac{U_{1n}}{U_{2n}}$

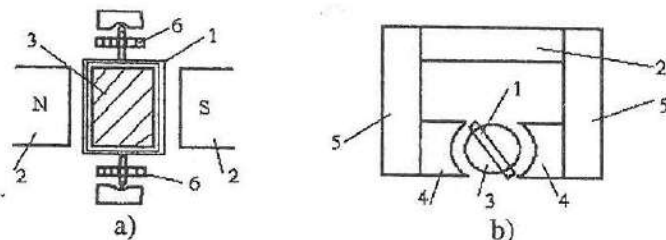
Transformatorul de măsurare de tensiune are regimul nominal de funcţionare în gol, deoare ce rezistenţa internă a aparatelor conectate în secundarul lor (voltmetre, bobine de tensiune ale wattmetrelor, contoarelor etc.) este mare. Regimul de avarie este regimul de scurtcircuit şi de aceea în secundar trebuiesc conectate siguranţe fuzibile.

5.11.2. Aparate analogice electromecanice

Instrumentul magnetoelectric. Dispozitivul care generează cuplul activ este format dintr-un magnet permanent şi o bobină. Cuplul activ ia naştere ca urmare a interacţiunii dintre câmpul magnetic al magnetului permanent şi curentul care circulă prin bobină.

Din punct de vedere constructiv, circuitul magnetic este format din magnetul permanent (2), jugul magnetic (5), miezul cilindric (3) şi piesele polare (4). Bobina mobilă (1) este plasată în întrefier foarte bine centrată cu ajutorul sistemului de suspensie. Ea este formată dintr-un cadru izolant sau din

aluminiu pe care sunt bobinate mai multe spire cu conductor izolat foarte subţire..



Instrumentul magnetoelectric:
a)principiul; b) circuitul magnetic.

Curentul este adus la bobină prin resoartele spirale (6), care generează prin răsucire cuplul rezistent. Pe echipajul mobil se fixează acul indicator echilibrat de contragreutăţi. Datorită durităţii mari la prelucrare, forma magneţilor permanenţi este simplă şi au prelucrate fin doar suprafaţa celor doi poli, restul circuitului magnetic fiind din fier moale, uşor prelucrabil. Forma pieselor polare şi a miezului cilindric realizează un câmp radial uniform distribuit, cu inducţia magnetică constantă în orice poziţie s-ar afla bobina. Amortizarea la instrumentul magnetoelectric este datorată cadrului de aluminiu al bobinei, care funcţionează ca o spiră în scurtcircuit; în el se induc, prin mişcarea în câmpul magnetului permanent, curenţi care se opun mişcării şi o amortizează.

Expresia *cuplului activ* este: $M_a = \phi_0 \cdot I$

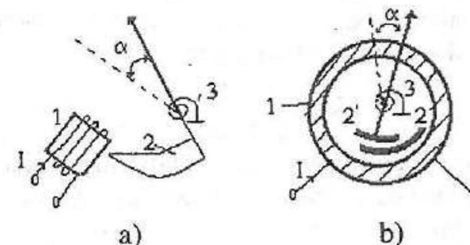
Cuplul rezistent de natură mecanică (resort) are expresia: $M_r = -D\alpha$ (D - cuplul rezistent specific).

Ecuaţia de mişcare în regim permanent: $M_a + M_r = 0$

Expresia dependenţei dintre deviaţia echipajului mobil şi intensitatea curentului ce trece prin bobină este: $\alpha = \frac{\Phi_0}{D} I$

Se observă că dependenţa este liniară, rezultând o scară uniformă. Deviaţia α fiind proporţională cu intensitatea curentului I, sensul ei depinde de sensul acestuia. Instrumentele magnetoelectrice au fie reperul zero la mijlocul scalei, fie polaritatea "+", "-" marcată pe borne pentru a obţine deviaţia în sensul normal al scalei.

Instrumentul feromagnetic. Mecanismul de producere a cuplului activ este compus dintr-o bobină fixă, ce generează un câmp magnetic la trecerea curentului electric, una sau mai multe piese feromagnetice fixe şi una mobilă ce se află plasate în câmpul magnetic. După modul cum se produce cuplul activ se cunosc două tipuri de instrumente feromagnetice: cu atracţie şi cu repulsie.



Instrumentul feromagnetic:
a) cu atracţie; b) cu repulsie.

La instrumentul cu atracţie bobina parcursă de curent (1) este plată, în interiorul ei fiind atrasă piesa feromagnetică (2) aşezată excentric pe ax. Cuplul rezistent este dat de resoarte spirale (3) iar mecanismul de amortizare a oscilaţiilor este de tip pneumatic. Forma piesei feromagnetice mobile este astfel aleasă (cu eventuale decupări) pentru a liniariza scara gradată.

La instrumentul feromagnetic cu repulsie, bobina (1) este cilindrică, iar piesa feromagnetică mobilă (2`), solidară cu axul, este un sector circular de formă dreptunghiulară, aşezat excentric pe ax. Ea se poate mişca în faţa unei piese feromagnetice (2), de formă specială, fixată pe un pahar interior bobinei. La acest tip de instrument cuplul activ ia naştere prin magnetizarea în acelaşi sens, în câmpul creat de

bobină, a piesei fixe şi a celei mobile, care se resping, producând rotirea sistemului mobil.

Deviaţia acului indicator este: $\alpha = \frac{1}{2D}\frac{dL}{d\alpha}I^2$

Această expresie a deviaţiei arată că scara are un caracter pătratic. Pentru uniformizarea ei se acţionează asupra formei pieselor feromagnetice, mărind pe prima treime a deviaţiei secţiunea sau suprafaţa pieselor şi micşorându-le apoi treptat, pe măsura creşterii cuplului cu pătratul curentului. Totuşi, prima parte (~ 20%) a scalei nu se poate uniformiza, exactitatea instrumentului fiind garantată de la un reper al scalei marcat cu un punct.

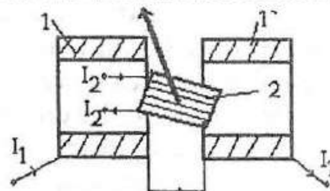
În curent alternativ, expresia deviaţiei este proporţională cu pătratul valorii efective *I* a curentului:

$$\alpha = \frac{1}{2D}\cdot\frac{dL}{d\alpha}\cdot I^2$$

Instrumentele feromagnetice se realizează uzual ca aparate de tablou cu clase de exactitate 1,5 sau 2,5, dar şi ca aparate de laborator de clasă 0,5, rar 0,2.

Instrumentul electrodinamic. Producerea cuplului activ la instrumentul electrodinamic se bazează pe forţele care apar între conductoarele parcurse de curenţi electrici.

Bobina fixă este divizată în două părţi (1 şi 1`) iar bobina mobilă (2) este situată în interiorul acesteia, fiind fixată pe axul instrumentului. Celelalte elemente constructive, resoarte sau benzi de susţinere, indicator, dispozitiv de amortizare, sunt similare cu cele de la alte instrumente electromecanice.



Instrument electrodinamic

Deviaţia de regim permanent are expresia în *curent continuu*:

$$\alpha = \frac{1}{D}\cdot\frac{dM_{12}}{d\alpha}\cdot I_1\cdot I_2$$

În *curent alternativ* cei doi curenţi au variaţii sinusoidale:

$$i_1 = I_1\sqrt{2}\cdot\sin\omega t\,;\ i_2(t) = I_2\sqrt{2}\sin(\omega t \pm \varphi)$$

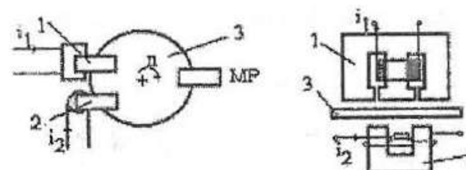
$$(M_a)_{med} = \frac{dM_{12}}{d\alpha}\cdot I_1 I_2\cos(\underline{I}_1,\underline{I}_2)$$

Expresia deviaţiei este:

$$\alpha = \frac{1}{D}\cdot\frac{dM_{12}}{d\alpha}\cdot I_1 I_2\cos(\underline{I}_1,\underline{I}_2)$$

3.2.4. Instrumentul de inducţie

Instrumentele de inducţie se bazează pe interacţiunea dintre fluxurile magnetice alternative şi curenţii induşi de aceste fluxuri într-un disc de material conductor (aluminiu). Un instrument de inducţie se compune din discul mobil (3) şi doi electromagneţi aşezaţi în imediata vecinătate: electromagnetul (1) a cărui bobină este parcursă de curentul $i_1(t)$ şi electromagnetul (2) a cărui bobină este parcursă de curentul $i_2(t)$. Electromagnetul (2), în forma de U, cu polii spre disc, este aşezat tangenţial şi excentric faţă de ax. Electromagnetul (1) are o formă mai complicată şi el poate fi aşezat tangenţial.



Instrumentul de inducţie.

Cuplul activ este:

$$M_a = K_a\cdot\Phi_1\cdot\Phi_2\sin(\underline{\Phi}_I,\underline{\Phi}_U)$$

Cuplul rezistent este dat de curenţii induşi în disc, prin mişcarea între polii magnetului permanent, fiind proporţional cu fluxul magnetic Φ_0 din întrefierul magnetului permanent şi cu turaţia *n* a discului:

$$M_r = -K_r \cdot \Phi_0^2 \cdot n$$

Calităţile instrumentului de inducţie sunt determinate de cuplul activ mare, influenţa mică a câmpurilor magnetice exterioare, capacitatea de supraîncărcare, construcţia robustă.

Aparate analogice electromecanice

Ampermetre magnetoelectrice

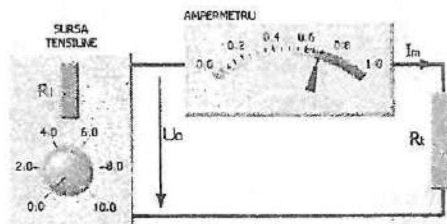
Măsurarea intensităţii curentului electric dintr-o latură a unui circuit necesită întreruperea circuitului şi introducerea unui ampermetru cu rezistenţă internă r_A. Rezultă o perturbare a funcţionării circuitului şi, drept urmare, curentul măsurat I_m va fi mai mic decât cel real *I*:

$$I = \frac{U_0}{R_t}; \quad I_m = \frac{U_0}{R_t + r_A}$$

unde: U_0 - tensiunea de funcţionare în gol a circuitului;

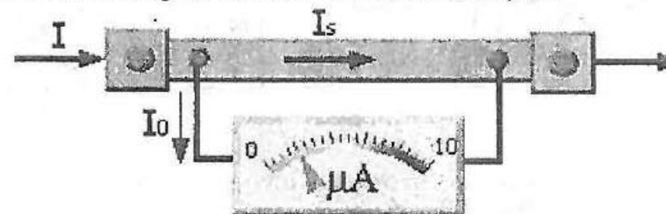
R_t - rezistenţa totală a circuitului.

Rezultă că pentru a măsura cât mai corect intensitatea şi să nu perturbăm parametrii de funcţionare ai circuitului, ampermetrul trebuie să fie realizat cu o rezistenţă internă cât mai mică.



Montarea ampermetrului în circuit

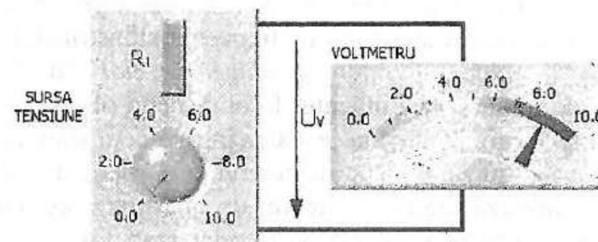
Ampermetrele de acest tip se realizează conectând instrumentul magnetoelectric la bornele unui şunt.



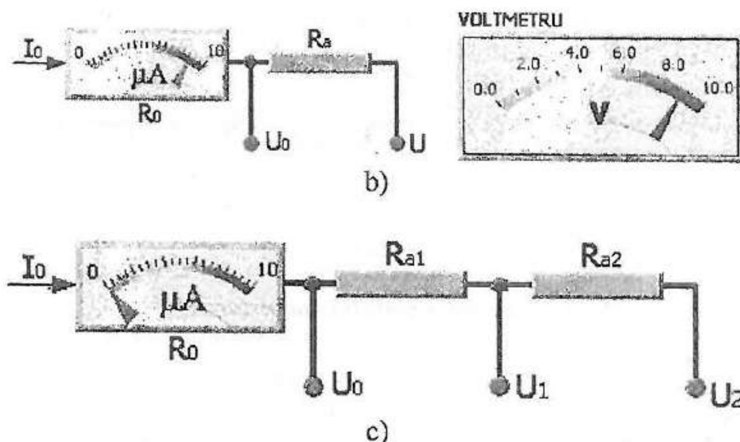
Realizarea ampermetrului magnetoelectric

Ampermetrele cu mai multe intervale de măsurare se realizează cu ajutorul unui şunt multiplu.

Voltmetrele magnetoelectrice se realizează din instrumentul magnetoelectric, considerat ca milivoltmetru, căruia i se înseriază una sau mai multe rezistenţe adiţionale, pentru a obţine unul sau mai multe domenii de tensiune. Măsurarea tensiunii electrice are o pondere deosebită în cadrul măsurărilor electrice şi electronice. În toate măsurările de tensiune se urmăreşte ca prin introducerea voltmetrului, în paralel cu o porţiune de circuit, să nu se perturbe funcţionarea. Rezultă că pentru a măsura cât mai corect tensiunea, voltmetrul trebuie să fie realizat cu o rezistenţă internă cât mai mare.



a)



Voltmetru magnetoelectric:
a) montarea voltmetrului în circuit; b) voltmetru cu un interval de măsurare; c) voltmetru cu intervale multiple.

Voltmetrele magnetoelectrice funcționează numai în curent continuu, au rezistență internă mare (100 Ω/V... 50 kΩ/V), consum propriu redus și se construiesc până la 1000V.

Aparate feromagnetice. Aparatele feromagnetice sunt printre cele mai răspândite aparate de măsurare de curent continuu și de curent alternativ de frecvență industrială. Pentru realizarea *miliampermetrelor* și *ampermetrelor* cu diferite intervale de măsură, instrumentul feromagnetic oferă o soluție foarte simplă, care elimină necesitatea introducerii șunturilor în paralel cu instrumentul. Pentru curenți mai mari, de ordinul kA, se utilizează transformatoare de măsurare de curent, ampermetrul fiind în acest caz de 5A, dar gradat direct pentru curentul din circuitul primar.

Voltmetrele feromagnetice sunt compuse dintr-un miliampermetru feromagnetic și una sau mai multe rezistențe adiționale R_a montate în serie cu acesta.

Capitolul 6

TIPURI DE MATERIALE UTILIZATE ÎN ECHIPAMENTELE SPECIFICE REȚELELOR

6.1. Tipuri constructive de cabluri de energie de 1-30 kV

Cablurile de energie de 1-30 kV utilizate de regulă în rețelele de distribuție ale CONEL sunt de tip:
- joasă tensiune:
  - cu izolație de hârtie impregnată
  - cu izolație din PVC
- medie tensiune:
  - cu izolație din hârtie impregnată
  - cu izolație de polietilenă normală (termoplastică) - PE
  - cu izolație de polietilenă reticulată - XLPE.

Cablurile se definesc prin :
¬ simbolul de tip și elemente constructive
¬ numărul și secțiunea nominală a conductoarelor din cablu
¬ tensiunea nominală Uo / U sau U

Literele care alcătuiesc simbolul de tip al cablului indică elementele (materialele) componente principale și sunt standardizate.

Cablurile fabricate la noi în țară sunt simbolizate conform STAS 9436/2-80.

În Tabelul 6.1, este prezentată succint specificația literelor adoptate prin standardele internaționale pentru simbolizarea cablurilor de energie.

În practica internațională, în afară de aceste date, pentru definirea cablului se mai indică:
- forma conductorului
- secțiunea ecranului

Nu sunt indicate în simbolul cablului:
- conductorul de cupru
- straturile semiconductoare de sub și deasupra izolației
- materialul de umplere a interstițiilor, în cablurile polifazate

Tabel 6.1. - Semnificația literelor din simbolul cablurilor de energie

ELEMENTE COMPONENTE	STAS 9436/80	IEC 55-2/81 VDE 0255-10/81 (cabluri cu izolație din hârtie)	IEC 502 VDE 0263,0271, 0272,0273 (cabluri cu izolație uscată)
Cablu	C		
Construcție standardizată		N	N
Conductor - cupru	C dacă este prima literă		
- aluminiu	A	A	A
- conductor concentric de cupru			C
- conductor concentric de cupru ondulat			CW
- conductor concentric de cupru aplicat pe fiecare conductor al cablului trifazat			CE
Izolație - hârtie impregnată	H		
- hârtie impregnată la masa non-migrantă	nd	Sv	
- PVC	Y		Y
- PE termoplastică	2Y		2Y
- XLPE (polietilenă reticulată - PER)	2X		2X
- cauciuc			
Înveliș de blocare a propagării apei - propagare longitudinală			F
- propagare longitudinală și transversală			FL
Ecran electric - din cupru,la cabluri mono sau trifazate, cu ecran comun	S		S
- din cupru, pe fiecare conductor al cablului (câmp radial), la cabluri trifazate	SE		SE

- din hârtie metalizată,pe fiecare conductor,la cabluri trifazate cu izolație de hârtie și manta metalică comună		H	
- înveliș de blocare a propagării longitudinale a apei			(FL)
Armătura metalică - bandă oțel	Ab : B	B	
- sârmă plată oțel		F	F
- sârmă rotundă oțel		R	R
- bandă spiralată		G	G
Manta metalică - Pb	P	K	K
- Pb, la cabluri trifazate cu protecție anticorozivă peste fiecare manta		EK	
- Aluminiu neted		KL	
Manta exterioară de protecție - material fibros (iută) impregnat	I	A	
- PVC	Y	Y	Y
- PVC întărit		Yv	
- PE termoplastică	2Y		2Y
Protecție manta la foc - izolație uscată reticulată fără halogeni			Hx
- manta din polimer			Hx
- manta din polimer termoplastic nereticulat, fără halogeni			Hx
- menținerea prelungită a izolației în caz de incendiu			FE
Formă conductor			(conform VDE)
- monofilar rotund			RE
- multifilar rotund			RM
- monofilar sectorizat			SE
- multifilar sectorizat			SM
- multifilar circular sectorizat			RM/V
- lițat rotund			RF

NOTĂ:

- Secțiunea nominală a ecranului sau a ecranelor din cupru se scriu după o bară înclinată în continuarea prescurtării formei conductorului, de exemplu:

NYSEY 3 x 95 RM / 16 - 6 / 10 kV (VDE 0271 / 1986)

- Secțiunea nominală a conductorului concentric se înscrie de asemenea după o bară înclinată în continuarea prescurtării conductorului, de exemplu:

NYCWY 3 x 95 SM / 50 - 0,6 / 1 kV

6.2. Cabluri de energie de joasă tensiune

În rețelele de distribuție de joasă tensiune CONEL sunt instalate în prezent cabluri cu tensiunea nominală

Uo / U = 0,6 / 1 kV, destinate pentru transportul, distribuția și utilizarea energiei electrice în instalații fixe, de următoarele tipuri:

- cabluri cu izolație de hârtie impregnată și manta de Pb, armate, de fabricație românească (conf. STAS 4481 / 1 / 85; 4481 / 2 / 85)
  - CHPAbI - cu conductor din Cu
  - ACHPAbI - cu conductor din Al
- cabluri cu izolație și manta din PVC, armate și nearmate, de fabricație românească (conf. STAS 8778 / 1 / 85; 8778/ 2 / 85)
  - CYY- nearmat, cu conductor din Cu
  - ACYY - nearmat, cu conductor din Al
  - CYAbY - armat, cu conductor din Cu
  - ACYAbY - armat, cu conductor din Al

Construcția cablurilor este redată în Figura 1 pentru cabluri cu izolație de hârtie, respectiv Figura 2, pentru cablurile cu izolație din PVC.

Caracteristicile tehnice ale celor două tipuri de cabluri sunt redate comparativ în:

- Tabelele 6.2.1 și 6.2.2 - datele constructive
- Tabelul 6.2.3 - datele electrice

Alte tipuri de cabluri de 0,6 / 1 kV, de energie, standardizate, care sunt fabricate pe piața internațională sunt redate în Tabelul 6.2.4.

6.2. Cabluri de energie de medie tensiune

Cablurile de medie tensiune de distribuție existente în rețelele CONEL, sunt de următoarele tipuri:

- cabluri de 10 kV, trifazate, cu izolație de hârtie impregnată și manta de Pb, armate, conform STAS 4481/73:
  - CHPBI; ACHPBI
- cabluri de 10 kV, trifazate cu izolație și manta de PVC, armate cu bandă de oțel, conform SR CEI 502, fabricație românească:
  - CYAbY, ACYAbY
- cabluri de 20 kV, monofazate, cu izolație de polietilenă normală (PE) și manta de PVC, conform STR-E-555/87, fabricație românească:
  - A2YSbY; A2YSrY
- cabluri de 20 kV, monofazate, cu izolație de polietilenă reticulată (XLPE) și manta de PVC, conform STP 5204-95, fabricație românească:
  - A2XSrY
- idem, cu protecție specială la propagarea umezelii, conform STP 5208-95 fabricație românească:
  - A2XSrY-B
- cabluri de 20 kV, trifazate, cu izolație de hârtie impregnată în ulei și manta de Pb, conform VDE 0255/11.72, fabricație Germania:
  - NAHKBA
- cabluri de 20 kV, trifazate, cu izolație de hârtie impregnată în ulei și manta de Pb, conform TY-16705157-80, fabricație Rusia:
  - AOSB

Alte tipuri de cabluri de medie tensiune standardizate existente pe piața internațională sunt prezentate în Tabelul 6.3.

Tabel 6.2.1 - Cabluri de energie de 1 kV de fabricație românească - date constructive

Cabluri cu izolație de hârtie impregnată conform STAS 4481/1-85 și 4481/2-85					
Tip cablu	Construcție	Secțiune nominală (mm²)	Diam. exterior (mm)	Rază de curbură	Domeniu de utilizare
CHPAbY	- cond. Cu - izol. hârtie - manta Pb armătură din benzi de oțel - manta ext. din iută	3x25+16 3x35+16 3x50+25 3x70+35 3x95+50 3x120+70 3x150+70	30,9 34 35 39 40 45 49	15 d	- încăperi cu pericol de lovituri mecanice - pozare în: - pământ - încăperi - tuburi - canale - tunele

Cabluri cu izolație din PVC conform STAS 8778/1,2-85 și SR CEI 502/1994					
Tip cablu	Construcție	Secțiune nominală (mm²)	Diam. ext. (mm)	Rază de curbură	Domeniu de utilizare
CYY (NYY)	- cond. Cu - izol. PVC - fără manta metalică - fără armătură - manta ext. PVC	4x16 4x25 4x35 3x25+16 3x35+16 3x50+25 3x70+35 3x95+50 3x120+70 3x150+70 3x185+95 3x240+120	23 27 30 27 29 31 35 40 43 46 49 54	10 d	- în canale și locuri închise sau subterane fără lovituri mecanice
CYAbY (NYBY)	- cond. Cu - izol. PVC - fără manta metalică - armătură din benzi de oțel - manta ext. PVC	4x16 4x25 4x35 3x25+16 3x35+16 3x50+25 3x70+35 3x95+50 3x120+70 3x150+70 3x185+95 3x240+120	31 31 34 30 33 34 39 41 45 50 54 60	10 d	- în canale și locuri închise sau subterane cu pericol de lovituri mecanice - în locuri cu pericol de explozie, cu lichid, cu vapori, gaze inflamabile sau praf, fibre și scame combustibile

Tabel 6.2.1 - continuare

Cabluri cu izolație de hârtie impregnată Conform STAS 4481/1-85 și 4481/2-85					
Tip cablu	Construcție	Secțiune nominală (mm²)	Diam. exterior (mm)	Rază de curbură	Domeniu de utilizare
ACHPAbY	- cond. Al - izol. hârtie - manta Pb - armătură benzi oțel - manta ext. din iută	3x25+16 3x35+16 3x50+25 3x70+35 3x95+50 3x120+70 3x150+70	29,7 33 35 39 40 45 48,4	15 d	- încăperi cu pericol de lovituri mecanice - pozare în: - pământ - încăperi - tuburi - canale - tunele

Cabluri cu izolație din PVC conform STAS 8778/1,2-85 și SR CEI 502/1994					
Tip cablu	Construcție	Secțiune nominală (mm²)	Diam. ext. (mm)	Rază de curbură	Domeniu de utilizare
ACYY (NAYY)	- cond. Al - izol. PVC - fără manta metalică - fără armătură - manta ext. din PVC	4x16 4x25 4x35 3x25+16 3x35+16 3x50+25 3x70+35 3x95+50 3x120+70 3x150+70 3x185+95 3x240+120	22 27 28 27 29 28 31 34 40 44 49 54	10 d	- în canale și locuri închise fără posibilitate de lovituri mecanice (în canale, în pământ, și apă)
ACYAbY (NAYBY)	- cond. Al - izol. PVC - fără manta metalică - armătură din benzi oțel - manta ext. din PVC	4x16 4x25 4x35 3x25+16 3x35+16 3x50+25 3x70+35 3x95+50 3x120+70 3x150+70 3x185+95 3x240+120	27 31 29 30 33 34 39 41 43 50 54 60	10 d	- în canale și locuri închise sau subterane cu pericol de lovituri mecanice - în medii cu pericol de explozie accidental dar numai cu praf sau scame combustibile

Tabel 6.2.2

Condiţii generale de montaj şi funcţionare	**Cabluri cu izolaţie de hârtie impregnată**	**Cabluri cu izolaţie din PVC**
1 – Temperatura cablului pe manta minim admisibilă la montaj	+ 5 °C	+ 5 °C
2 – Temperatura limită admisibilă pe manta în exploatare	- 30 °C ; + 60 °C	- 30 °C ; + 60 °C
3 – Temperatura maxim admisibilă în conductor, în regim permanent de funcţionare	+ 80 °C	+ 65 °C
4 – Temperatura maxim admisibilă în conductor, în condiţii de scurtcircuit (maxim 5 sec)	+ 180 °C	+ 160 °C
5 - Diferenţa de nivel maxim admisibilă a traseului cablului	20 m	
6 – Comportamentul faţă de apă	nu se pozează în apă	- se pot poza în apă, cu excepţia apelor contaminate care atacă mantaua din PVC
7 – Lungimi livrare pe tambur	-350 m - pt. secţiuni < de 70 mm² (300 m pentru onductor din cupru) -250 m - pentru secţiuni > de 70 mm²	- 350 m - pt. secţiuni < de 70 mm² (300 m pt. conductor din cupru) - 250 m - pt. secţiuni > de 70 mm²

Tabel 6.2.3 - Cabluri de energie 0,6 / 1 kV cu 3 - 4 conductoare, fabricaţie românească

Secţiune	CURENT MAXIM DE DURATĂ ADMISIBIL ÎN CABLU (A)							
Nominală	*Cablu cu izolaţie de hârtie*				*Cablu cu izolaţie din PVC*			
Conductor	cupru		aluminiu		cupru		aluminiu	
(mm²)	pămînt	aer	pămînt	aer	pămînt	aer	pămînt	aer
16	105	90	79	70	100	80	78	63
25	135	120	100	91	130	105	100	82
35	165	150	125	110	155	130	120	100
50	195	180	150	140	185	160	145	125
70	245	230	190	175	230	200	175	155
95	290	280	225	215	275	245	215	190
120	330	325	255	250	315	275	245	220
150	375	370	290	285	355	285	325	250
185					400	310	360	285
240					465	435	370	340

Condiţii de referinţă pentru valorile indicate :
- *temperatura mediului ambiant* : + 20 ° C în pămînt; + 30 ° C în aer
- *adîncime de pozare* : minim 0,7 m
- *rezistivitatea solului* : 100 ° C x cm / W

Tensiunea de încercare : 4 kV curent alternativ

Rezistenţa de izolaţie : 50 MΩ / km

. *Tabel 6.2.4 - Alte tipuri de cabluri de 0,6 / 1 kV standardizate produse pe piața internațională*

Tip cablu	Construcție	Secțiuni (mm²)	Standard	Domeniu de utilizare
PLY / PVC	- monofazat - izolație hârtie impregnată - manta Pb - înveliș PVC	1x70 ...1x 500	BS - 6480 Part.1 / 69	instalații fixe interioare , în țevi în exterior aerian și subteran
PLSTAS	- trifazat - izolație de hârtie - manta Pb - armat cu benzi oțel - înveliș iută	4x50..4x400	BS - 6480 Part.1 / 69	instalații fixe interioare , în țevi în exterior aerian și subteran
PLSTA / PVC	idem, dar înveliș PVC			
PLSWAS	- trifazat - izolație hârtie - manta Pb - armătură din sârmă rotundă de oțel - înveliș iută	4x50..4x400	BS – 6480 Part.1 / 69	idem , în locuri cu șocuri mecanice mari
PLSWA / PVC	idem , dar înveliș PVC			
NKX, NAKY	- monofazat - izolație de hârtie - manta Pb - înveliș PVC	1x70..1x500		
NKYv , NAKYv	idem ,înveliș de PVC întărit			
NKBY, NAKBY	- trifazat - izolație din hârtie - manta de Pb - armătură bandă oțel - înveliș PVC		VDE0255/81 IEC - 55/2/81	instalații fixe , în aerian,exterior și subteran
NKBA, NAKBA	idem , înveliș iută	4x50..4x400		
NKRY, NAKRY	idem , dar armătură din sârmă rotundă oțel, înveliș PVC			
NKRA, NAKRA	idem , înveliș iută			
NKRGbY, NAKRGbY	idem, armătură bandă și sârmă din oțel			
NYY , NAYY	- trifazat - izolație și manta din PVC			- instalații fixe de interior - canale ; exterior - în subteran - pentru : - centrale el . - stații electrice - rețele el distrib. fără pericole mec

Tabel 6.2.4 - continuare

Tip cablu	Construcție	Secțiuni (mm²)	Standard	Domeniu de utilizare
NYCY	- trifazat - cu conductor concentric din bandă elicoidală - izolație și manta din PVC		VDE 0271 / IEC 502	idem , în locuri cu pericole mecanice
NYCWY , NAYCWY	idem , cu conductor concentric din sârmă și bandă elicoidală			
N2XY , NA2XY	- trifazat - izolație de XLPE - manta PVC		VDE 0272 IEC-502	idem , în locuri fără pericole mecanice
ERVYLEC	- mono și trifazat - izolație XLPE - manta PVC	1x1,6..4x300	IEC 502 fabr.Franța	- instalații ind.cu temp.ridicate
ERVYLEÇ - Nb	idem , armat	2x1,6..4x300		- col. branșament în locuințe
FRN 1 x 1G1-U, FRN 1 x 1G1-AR	- trifazat - izolație XLPE - manta termoplastică - fără halogen		UTE NFC 32-323	în instalații cu
FRN 1 x 1 x 2-U , FRN 1 x1 x 2-AR	idem , manta exter XLPE,fără halogen		Franța	pericol de foc
U - 1000 RGPFV	- polifazat - armat - izolație XLPE - manta PP - manta PVC	2x1,6..3x240	UTE NFC 32 - 111 Franța	în medii cu pericol de : - coroziune - lovituri mecanice - apă
VINYLEC 1000 V – SYE	- polifazat - izolație și manta din PVC - armat	2x1,6..4x300 5x25	SYE Franța	inst.industriale

Tabel 6.3 - Alte tipuri de cabluri de medie tensiune standardizate existente pe piaţa internaţională

Tip cablu	Construcţia	Secţiuni (mm²)	Standard	Domeniu de utilizare
3,8 / 6,6 kV ; 6 / 10 kV				
PLSTAS	- trifazat - izolaţie de hârtie - manta Pb - armat bandă oţel - înveliş iută			instalaţii fixe interioare în ţevi, exterioare şi subterane
PLSTA / PVC	idem, înveliş PVC	3 x 50..3 x 400	BS 6480 / 69	
PLSWAS	idem, dar armătură din sârmă			idem, în locuri cu
PLSWA / PVC	idem, înveliş PVC			solicitări mecanice
NKBA, NAKBA	- trifazat - izolaţie hârtie - manta Pb - armat bandă oţel - înveliş iută			instalaţii fixe interioare în ţevi, exterioare şi subterane
NKBY, NAKBY	idem, manta PVC	3 x 26..3 x 400		
NKRA, NAKRA	idem, armătură din sârmă, înveliş iută			
NKRY, NAKRY	idem, înveliş PVC		IEC 55 – 2 / 81	
NKRGbY, NAKRGbY	idem, armătură din sârmă şi bandă		VDE 0255 / 10.81	idem, în locuri cu solicitări mecanice
NKA, NAKA	- monofazat - izolaţie hârtie - manta Pb - nearmat - înveliş iută	1 x 26..1 x 500	IEC 55 – 2 / 81	instalaţii fixe interioare în ţevi,
NKLEY, NAKLEY	- trifazat şi monofazat - izolaţie hârtie - manta Al - înveliş PVC	3 x 26..3 x 400	VDE 0255 / 10.81	exterioare şi subterane
3,6 / 6 kV				
NYSY, NAYSY	- monofazat - izolaţie PVC - înveliş iută	1 x 26..1 x 400	IEC 502, VDE 0271	instalaţii fixe interioare în ţevi, ext. şi subterane
NYSEY, NAYSEY	- trifazat - izolaţie PVC - manta PVC	3 x 26..3 x 400	IEC 502, VDE 0271	
NYHSY, NAYHSY	- monofazat - izolaţie PVC - manta PVC	1 x 26..1 x 400	IEC 502, VDE 0271	
N2YSY, NA2YSY	- monopolar - izolaţie PE - manta PVC	3 x 25 ; 1 x 26.. 3 x 240 ; 1 x 500	VDE 0273, IEC 502	
N2XS2Y, NA2XS2Y	- monofazat - izolaţie XLPE - manta PE	1 x 26...1 x 500	VDE 0273, IEC 502	în reţele urbane de distribuţie
12,7 / 20 kV				
PLSTAS, PLSTA / PVC	- trifazat - izolaţie hârtie - manta Pb - armătură bandă oţel - înveliş iută / PVC	3 x 50..3 x 400		

Tabel 6.3 – continuare 1

Tip cablu	Construcţia	Secţiuni (mm²)	Standard	Domeniu de utilizare
P (SL) STAS, P (SL) STA / PVC	- trifazat - izolaţie de hârtie - mantale de Pb individuale - armătură benzi oţel - înveliş iută / PVC	3 x 50..3 x 400	BS 6480 / 69	instalaţii fixe interioare în ţevi, exterioare şi subterane
NHKBA, NAHKBA	- trifazat, manta Pb - izolaţie de hârtie - armătură bandă oţel - ecranat, înveliş iută			instalaţii fixe
NHKBY, NAHKBY	idem, înveliş PVC			interioare în ţevi
NEKBA, NAEKBA	idem, dar manta de Pb pe fiecare cond., înveliş iută	3 x 50..3 x 400	IEC 55 - 2 / 81 VDE 0255/10.81	ext. şi subterane
NEKBY, NAEKBY	idem, înveliş PVC			
NKRA, NAKRA	- trifazat - izolaţie hârtie - manta Pb - armătură sârmă oţel - înveliş iută			idem, în locuri cu solicitări mecanice
NKRGbY, NAKRGbY	idem, dar armătură din sârmă şi bandă din oţel, înveliş PVC			
NKYv, NAKYv	- trifazat - izolaţie hârtie - manta Pb - înveliş PVC întărit			instalaţii fixe interioare în ţevi, ext şi subterane
NKA, NAKA	- monofazat - izolaţie hârtie - manta Pb, înveliş iută			
NKLEY	idem, manta Al, înveliş PVC	3 x 50..3 x 400	IEC 55 - 2 / 81 VDE 0255/10.81	instalaţii fixe interioare în ţevi
N2YSY	- monofazat - izolaţie PE - ecranat, manta PVC			ext. şi subterane
N2XS2Y	- monofazat - izolaţie XLPE - manta PE - ecranat			
N2XS (F) 2Y	- monopolar - izolaţie XLPE - manta PE - prot. propagare longitudinală apă		VDE 0273 IEC 502	în medii cu pericol pătrundere apă
N2XS (FL) 2Y	idem, dar cu protecţie propagare longitudinală şi transversală apă			
3,5 / 6 kV ; 6 / 10 kV				
VINYLEC	- trifazat - izolaţie PVC - armătură bandă oţel - manta PVC	3 x 10..3 x 400	UTE NFC 33 - 220 Franţa (IEC 502)	iluminat public şi instalaţii industriale

Tabel 6.3 – continuare 2

Tip cablu	Construcție	Secțiuni (mm²)	Standard	Domeniu de utilizare
3,5 / 6 kV ; 6 / 10 kV ; 12 / 20 kV				
SIPRELEC	- monofazat - izolație XLPE - înveliș PVC	1 x 16...1 x 1600	UTE NFC 33 - 220 Franța (IEC 502)	- aerian (pereți) - subteran : - țevi - canivouri - sol - adecvat pentru : - stații electrice - racord PT-LEA - leg.LEA - LES
TRISIPRELEC	- trifazat - izolație XLPE - înveliș PVC - armat cu bandă oțel	3 x 26...3 x 240		idem, în locuri cu pericol solicitări mecanice

6.3.1 Cabluri de energie fabricate de ICME București

Sunt cabluri de energie, trifazate, cu conductor de cupru sau aluminiu, izolație de hârtie impregnată și manta de Pb tipurile:

- CHPBI
- ACHPBI

Sau sunt cabluri cu izolație și manta din PVC, tipurile:

-CYAbY

-ACYAbY

6.3.2 Cabluri de energie de 20 kV

CABLURI DE ENERGIE TIP A2ZSR(B)Y (fabricație ICME București conform STR - E – 535-87)

Cablul are:

• construcție monofazată

• conductor rotund din aluminiu masiv și multifilar necompactizat

• semiconductor din compound termoplastic, extrudat

• zolație din polietilenă termoplastică

• ecran din bandă sau sârme de cupru

• manta din PVC

Caracteristici generale: adâncimea minimă de pozare 0,7 m

• rezistivitatea solului 100 °C · cm/W

• temperatura solului 20 °C

• temperatura ambiantă 30 °C

• temperatura maximă admisă în regim permanent 70 °C

• temperatura maximă admisă în regim de șoc pt.1 s150 °C

• tangenta unghiului de pierderi dielectrice (tg δ):

- la Uomax 10 · 10 - 4
- creșterea de la 0,5 la 2Uomax 20 · 10 - 4
- la 20 °C max 10 · 10 - 4
- la 70 °C max 10 · 10 - 4

• rezistența de izolație la 20 °C min MΩ/km

• nivelul descărcărilor parțiale max 20 pC

• raza de curbură minim admisibilă 10 · (d + D) + 5

(D = diametrul exterior al cablului, d = diametrul conductorului, în mm)

DATE TEHNICE:

Tabel 6.4 Intensitatea curentului maxim admisibil (A)

Secțiune conductor (mm²)	Condiții de pozare			
	Pământ , + 20 °C		Aer , + 30 °C	
	O O O	O O O	O O O	O O O
50	150	170	150	170
70	190	205	185	210
95	225	245	220	255
120	255	275	260	295
150	285	305	295	325
185	315	335	330	365
240	345	365	370	395

Tabel 6.5 Curentul de scurtcircuit 1 sec (kA)

Secţiune conductor (mm²)	În conductor	În ecran	
		16 mm²	25 mm²
70	4,8		
95	6,5		
120	8,5	2,1	3,3
150	10,3		
185	12,6		
240	16,4		

CABLURI DE ENERGIE TIP A2XSrY ŞI A2XSrY-B
(fabricaţie ICME Bucureşti conform STP - 5204 – 95 şi respectiv STP 5208 – 95)

Cablul are:

- construcţie monofazată
- conductor rotund din aluminiu multifilar compactizat
- semiconductor din polietilenă semiconductoare
- izolaţie din polietilenă reticulată
- ecran din sârmă de cupru
- manta din PVC
- barieră de protecţie contra umezelii (numai pentru varianta A2XSrY-B)

Caracteristici generale:

- adâncimea minimă de pozare 0,7 m
- rezistivitatea solului100 °C · cm/W
- temperatura solului 20 °C
- temperatura ambiantă 30 °C
- temperatura maximă admisă în regim permanent 90 °C
- temperatura maximă admisă în regim de scurtcircuit 250 °C
- tangenta unghiului de pierderi dielectrice (tg δ): 40 · 10 - 4
- raza de curbură minim admisibilă15 D

DATE TEHNICE:

Tabel 6.6 Intensitatea curentului maxim admisibil (A)

Secţiune conductor (mm²)	Condiţii de pozare:			
	Pământ, + 20 °C		Aer, + 35 °C	
	O O O	O O O	O O O	O O O
50	161	185	175	206
70	200	225	217	256
95	239	268	265	311
120	272	304	304	359
150	304	335	345	404
185	344	396	394	460
240	400	434	470	544

Tabel 6.7 Curentul de scurtcircuit 1 sec (kA)

Secţiune conductor (mm²)	Secţiune ecran (mm²)	Curent scurtcircuit (kA)	
		În conductor	În ecran
50	16	4,70	3,3
70		6,58	
95		8,93	
120		11,30	
150	25	14,10	5,1
185		17,40	
240		22,60	

CABLURI DE ENERGIE TIP NAHKBA - 20 kV, fabricaţie Germania (conform VDE 0255/11.72)

Cablul are:

- construcţie trifazată
- conductoare din aluminiu, multifilare, în formă de sector
- semiconductor din benzi de hârtie uleiată
- izolaţie din hârtie impregnată în ulei
- manta din Pb comună

• armături din benzi de oțel
• manta de protecție din iută impregnată

Caracteristici tehnice generale:

• adâncimea minimă de pozare0,7 m
• rezistivitatea solului1 °K · m/W
• temperatura solului 20 °C
• temperatura ambiantă 30 °C
• temperaturi limită admise în regim permanent:
  - sarcină de durată55 °C
  - sarcină variabilă: - nelimitat în timp65 °C
  - până la 100 ore/an85 °C
• temperaturi limită admise în regim de JLC
  - conductor principal150 °C
• tangenta unghiului de pierderi dielectrice (la 0,5 Uo) max 0,006
• tensiuni maxim admise în funcționarea de durată la tensiunea de serviciu Uo / U = 12 / 20 kV:
  - între faze24 kV
  - între faze și pământ 13,8 kV
• raza de curbură minim admisibilă (mm):
  - în timpul pozării sau alte solicitări15 D
  - în soluție finală10 D

(D - diametrul exterior al cablului)

DATE TEHNICE:

Tabel 6.8

Secțiune conductor		mm²	3 x 70	3 x 95	3 x 120	3 x 150	3 x 185	3 x 240
Construcție conductor			sm	sm	sm	sm	sm	sm
Rezistența în cc la 20 °C		Ω/km	0,443	0,32	0,253	0,206	0,164	0,125
Rezistența activă la 65°C		Ω/km	0,523	0,373	0,293	0,245	0,195	0,149
Curent admisibil		A						
Pozat în Pământ	Factor încărcare 0,7		171	205	233	262	293	246
	Factor încărcare 1		140	163	191	215	244	283
Pozat în aer, sarcină continuă			150	180	206	233	266	312
Curentul termic de scc la 1 s		kA	5,2	7,1	9,0	11,2	13,9	18,0

CABLURI DE ENERGIE TIP AOSB, FABRICAȚIE RUSIA (conform TY-16705157-80)

Cablu are:

• construcție trifazată
• conductoare ecranate cu trei mantale de Pb individuale
• izolație din hârtie impregnată în ulei
• strat de protecție interior
• armătură din bandă dublă de oțel
• strat de protecție exterior
• conductoare din aluminiu rotunde multifilare compactizate
• semiconductor din benzi de hârtie uleiată
• manta de protecție din iută impregnată

Caracteristici tehnice generale:

• adâncimea minimă de pozare 0,7 m
• rezistivitatea solului 120
• temperatura solului 15 °C
• temperatura ambiantă 25 °C
• temperatura maximă admisă:
  - în regim permanent 55 °C
  - în regim de scurtcircuit 130 °C
• tensiuni maxime admisibile de durată la funcționare:
  - între faze24 kV
  - între fază și pământ 13,8 kV
• rezistența de izolație pentru 1 km lungime de cablu și la temperatura de 20 °C min 200 MΩ/km
• tangenta unghiului de pierderi dielectrice (la 0,5 Uo) max 0,006
• grosimea nominală a izolației de fază 5,1 ± 0,25 mm
• raza de curbură minim admisibilă15 D

(D - diametrul exterior al cablului, mm)

DATE TEHNICE:

Tabel 6.9.

Secțiunea Conductorului (mm²)	Condiții de pozare și temperatura mediului (°C)					
	Pământ, + 15 °C		Aer, + 25 °C		Apă ,+ 15 °C	
	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
25	110	85	86	76	120	90
35	135	105	100	75	145	110
50	165	125	120	90	180	140
70	200	156	150	115	225	175
95	240	185	180	140	275	210
120	275	210	205	160	315	245
150	315	240	230	175	350	270
185	355	275	265	205	390	300

NOTĂ: Intensitatea curentului admisibil pentru cablurile pozate în pământ este stabilită în condițiile pozării unui cablu la:

- adâncimea 0,7 ÷ 1 m
- la temperatura pământului + 15 °C

CABLURI DE ENERGIE 12/20 kV FABRICAȚIE IPROEB S.A. BISTRIȚA

Tipuri constructive:

- NA2XSY / N2XSY 1 x 150 rmc / 25 mm2
- NA2XS(F)Y / N2XS(F)Y1 x 150 rmc / 25 mm²
- NA2XS2Y / N2XS2Y1 x 150 rmc / 25 mm2
- NA2XS(F)2Y / N2XS(F)2Y 1 x 150 rmc / 25 mm2

Și în curs de asimilare:

- NA2XS(FL)Y / N2XS(FL)Y1 x 150 rmc / 25 mm2
- NA2XS(FL)2Y / N2XS(FL)2Y1 x 150 rmc / 25 mm2
- NA2XS(FL)YAaY / N2XS(FL)YAaY1 x 150 rmc / 25 mm2

- NA2XS(FL)YAa2Y / N2XS(FL)YAa2Y1 x 150 rmc / 25 mm2
- NA2XS(FL)2YAa2Y / N2XS(FL)2YAa2Y 1 x 150 rmc / 25 mm2

Simbolizare:

N - cablu
A - conductor de aluminiu
2X - izolație de polietilenă reticulată
S - ecran din sârmă de cupru
Y - manta din PVC
2Y - manta din polietilenă termoplastică
F - barieră longitudinală la propagarea apei
FL - barieră longitudinală și transversală la propagarea apei
Aa - armat cu bandă de aluminiu
rmc - conductor de fază rotund multifilar compactizat

Destinație: pozare în pământ, canale, în aer liber, în apă (cu excepția apelor curgătoare), în fascicul de trei cabluri monofazate, așezate în treflă sau linie

Caracteristici generale:

- adâncimea de pozare minim o,7 m
- temperatura solului 20 °C
- rezistența specifică a solului 1°K · m/W
- gradul de încărcare 0,7
- temp. max adm. în funcționare de durată 90 °C
- temp.maximă în regim de scurtcircuit 250 °C
- factorul de pierderi (tgδ)
  - tgδ la 12 kV (temperatura ambiantă)max. 40 ·10-4
  - tgδ la 20 kV (temperatura de 90 °C)max. 80 ·10-4
- raza minimă de curbură la montaj15 · Dcablu

DATE TEHNICE:

Tabel 6.10

CURENTUL MAXIM ADMISIBIL (A)								
Secțiune (mm²)	în pământ la 20 °C				în aer la 30 °C			
	cupru		aluminiu		cupru		aluminiu	
	treflă	linie	treflă	linie	treflă	linie	treflă	linie
150	409	445	319	352	470	549	366	432

Obs: curentul maxim admisibil din Tabelul 6.10. de mai sus se corectează cu coeficienții pentru temperatura aerului, respectiv a solului și un coeficient pentru aglomerare, din PE 107

CABLURI DE ENERGIE TIP A2XSZ 12/20 kV FABRICAȚIE ELCARO S.A. SLATINA

DATE GENERALE:

- temperatura maximă admisibilă în regim permanent de funcționare 90 °C
- temperatura maximă admisibilă la scurtcircuit 250 °C
- permitivitatea electrică relativă la 50 Hz, 20 până la 90 °C 2,4
- factor de pierderi (tgδ) la 50 Hz, 20 până la 90 °C < 0,6·10-3
- rezistivitate de volum la 90 °C > 1014 Ωcm
- rezistivitatea termică a solului1 °K·m/W
- adâncimea de pozare 0,7 m
- temperatura solului 20 °C
- temperatura aerului 30 °C

Tabel 6.11

DATE CONSTRUCTIVE												
Secțiune transversală conductor	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500
Secțiune transversală ecran	16	16	16	16	16	16	25	25	25	25	35	35
Grosime nominală izolație	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,6	5,6	5,6
Grosime nominală manta ext.	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Diametru ext. cablu (aprox)	27	28	29	31	32	34	35	37	40	41	45	47

Tabel 6.12

DATE ELECTRICE											
Rezistența în cc la 20°C Ω/k	1,200	0,868	0,641	0,443	0,320	0,253	0,206	0,164	0,125	0,100	0,078
Rez.efectivă la 90 °C	1,540	1,110	0,822	0,568	0,410	0,324	0,264	0,210	0,180	0,128	0,099
Induct. pe conduc.(linie)	0,614	0,488	0,465	0,438	0,419	0,403	0,389	0,377	0,361	0,350	0,335
Induct. pe conduct.(treflă)	0,675	0,649	0,626	0,599	0,580	0,565	0,548	0,536	0,521	0,510	0,491
Capacitatea în funcționare	0,145	0,159	0,175	0,196	0,216	0,235	0,254	0,273	0,304	0,329	0,368
Nivelul descărcărilor parțiale	<5										

Capitolul 7

MATERIALE DIN CONSTRUCȚIA LEC 1-30 kV. MATERIALE DE AVERIZARE, PROTECȚIE MECANICĂ, ETANȘARE, MARCARE

7.1. Materiale de avertizare și protecție mecanică

Materialele folosite pentru avertizarea și protecția mecanică a cablurilor pozate în pământ sunt prezentate în tabelul de mai jos:

Tabel 7.1.

Nr crt	Denumire material	Domeniul de utilizare	Caracteristici tehnice și constructive	Prezentare Observații
1	BENZI AVERTIZOARE DIN PVC	➢ avertizarea prezenței cablurilor electrice subterane ➢ se montează în pământ la o adâncime de 0,3÷0,7 m sub acțiunea directă a factorilor de mediu ➢ temperatura - min -15 °C; - max +50 °C ➢ umiditatea relativă de 100 % ➢ este contraindicată folosirea în soluri cu substanțe active din punct de vedere chimic	➢ grosime : 0,3 ± 0,1 mm ➢ lățime 250, 500, 780 1000 mm ➢ livrare : suluri, de maxim 50 kg ➢ rezistența la rupere - longitudinal : 150 daN/cm² ➢ alungirea la rupere - longitudinal : max 200 % ➢ rezistența la temperaturi scăzute : nu crapă până la - 15 °C	➢ culoare galbenă sau portocalie ➢ sunt inscripționate pe o față : *"Atenție circuite electrice ! Pericol de electrocutare !"* ➢ inscripționarea este de culoare neagră, pe toată lungimea benzii, pe 1÷4 canale, funcție de lățimea benzii
2	FOLII (plăci) DIN POLIETILENĂ	➢ avertizarea prezenței cablurilor subterane ➢ se montează în pământ, pe stratul de nisip, la circa 30 mm deasupra cablurilor ➢ este contraindicată folosirea în soluri cu substanțe active din punct de vedere chimic	➢ grosime : (0,15 ÷ 0,2) ± 0,1 mm ➢ lățime : 250 ± 15 mm ➢ livrare : suluri de 40 ÷ 80 kg ➢ greutate : 0,15 kg/m² (pentru grosimi de 0,2 m)	➢ culori diferite
3	DISTANȚIERE DIN DEȘEURI DE MASE PLASTICE	➢ menținerea unei anumite distanțe între cablurile așezate în șanț în poziție orizontală (între cabluri de JT și IT sau între cablurile de înaltă tens)	➢ grosime : 25 mm ➢ greutate : 0,170 kg/buc ➢ duritate : 80 grade shore ➢ rezistență la frig : - 15 °C ➢ distanța de montare : 1000 mm	
4	CĂRĂMIZI	➢ paravane protectoare între cablurile fider dacă valorile curenților de scurtcircuit și timpul de protecție depășesc limitele la care s-au făcut experimentări în vederea renunțării la aceste paravane(15 kA și 0,8 sec) ➢ trasee cu densitate mare de cabluri (porțiunile de intrări – ieșiri din stația de transformare, puncte de alimentare, posturi de transformare) ➢ profile de cabluri etajate, cu excepția ultimului palier	➢ lungime : 250 mm ➢ lățime : 125 mm ➢ grosime : 60 mm	➢ soluție deficitară din punct de vedere economic

5	TUBURI DIN BETON SAU PVC	➢ protejarea cablurilor la traversări de străzi sau linii CF	• tuburi beton tip " telefon " - diametrul găurii : 100 mm - lungime : 1000 mm • tuburi din PVC - diametru : 110 ÷ 160 mm - lungime : 6000 mm	
6	PLACI DIN BETON ARMAT	➢ protejarea cablurilor atât la traversări de artere carosabile cât și în lungul traseului	➢ dimensiuni : 500 x 500 x 30 mm ➢ greutate : 50 kg / buc	
7	CANIVOURI DIN BETON ARMAT	➢ trasee de cabluri foarte importante ➢ trasee de cabluri din zone expuse deteriorărilor mecanice	➢ dimensiuni : 600(800) x 300 x 1000 mm	
8	PLĂCI DIN MASE PLASTICE	➢ avertizarea prezenței cablurilor electrice subterane ➢ se montează în pământ la adâncimi de 0,6 ÷ 1,2 m ➢ nu sunt rezistente la medii petroliere sau active din punct de vedere chimic	➢ greutate : 0,270 kg / buc ➢ lungime : 400 ± 10 mm ➢ grosime : 5 mm ➢ rezistență la frig : - 15 °C	➢ culori diferite ➢ sunt inscripționate pe fața superioară : "Atenție ! *Circuite electrice. Pericol de electrocutare !* " ➢ fața inferioară este striată pentru obținerea unei aderențe mai mari la stratul de nisip

7.2. Marcarea cablurilor pozate în tunele şi galerii

Cablurile de energie pozate în încăperi, canale, galerii, poduri şi puţuri de cabluri se vor marca cu etichete de identificare la capete, la trecerile dintr-o construcţie de cabluri în alta şi la încrucişări cu alte cabluri.

Cablurile pozate în jgheaburi se vor marca numai la capete.

Etichetele pentru cabluri vor fi confecţionate din plumb, material plastic, cupru sau aluminiu (materialul se va alege în funcţie de mediul de pozare) şi vor avea inscripţionate pe ele:

- tensiunea (kV)
- marca de identificare a cablului din specificaţia tehnică de producător
- anul de pozare

De asemenea, toate accesoriile (manşoane şi terminale) vor fi prevăzute cu etichete de identificare.

7.3. Marcarea traseelor subterane de cabluri

Traseele subterane de cabluri vor fi marcate prin borne de marcaj la suprafaţă sau prin tăbliţe de marcaj, atunci când în desenele de excuţie traseele cablurilor nu pot fi indicate pe plan, prin cote faţă de construcţii fixe .

Pentru marcarea traseelor subterane de cabluri se folosesc:

- borne din bronz

- borne din beton
- tăbliţe metalice

Bornele din bronz se utilizează la marcarea traseelor de cabluri (în special cabluri de 110 kV) pe trotuare şi artere cu circulaţie intensă, din oraş.

Bornele din beton se folosesc la marcarea traseelor de cablu pe porţiunile pozate din interiorul localităţilor sau în afara acestora .

În interiorul localităţilor bornele se montează la distanţa de 20-30 m, iar în afara localităţilor se montează din 50 în 50 de metri .

Bornele vor fi montate lateral de traseu, la 0,3 m de axul şanţului, orientate cu inscripţia spre cablu .

La traversările căilor de navigaţie fluviale, cablurile vor fi marcate cu plăcuţe indicatoare vizibile pentru navigatori .

De asemenea la subtraversările căilor ferate, se vor folosi tăbliţe indicatoare amplasate pe ambele părţi ale căii ferate .

7.4. Treceri de cabluri şi etanşarea lor

Trecerile cablurilor prin pereţi despărţitori, fundaţii, planşee, diferite spaţii conţinând cabluri, trebuie să fie executate cu etanşarea corespunzătoare a orificiilor, în aşa fel încât să nu fie practic posibilă propagarea focului sau trecerea fumului sau gazelor dintr-o parte în cealaltă, respectiv dintr-o încăpere în alta, sau din exteriorul clădirilor în interiorul acestora . Etanşarea se realizează cu materiale incombustibile - dopuri din vată de sticlă şi ipsos .În cazurile în care trecerile se realizează prin tuburi, acestea vor fi confecţionate din materiale incombustibile şi se va asigura atât etanşarea tuburilor faţă de pereţi, cât şi a cablurilor faţă de tuburi, cu materiale incombustibile (etanşarea cablurilor faţă de tuburi se va face cu vată din sticlă, azbest etc.)

În cazurile în care au fost folosite fante înguste continue, etanşarea golurilor se face, de asemenea, cu materiale incombustibile. Partea aflată în pământ se etanşează şi hidrofug

(argilă impermeabilă, bitum, etc.) Pentru netezirea etanșărilor se permite turnarea peste materialele de etanșare a unui strat subțire de ipsos sau lapte de ciment.

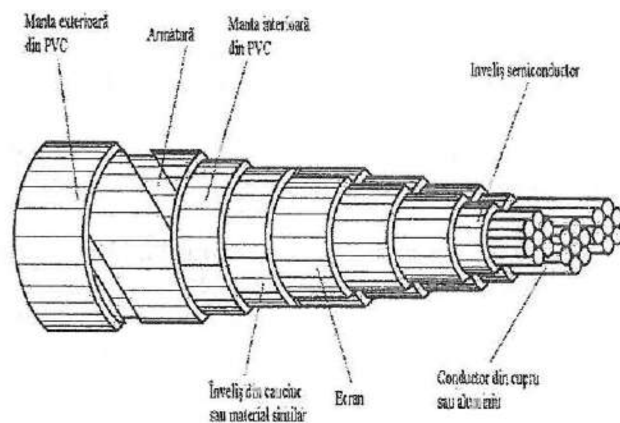


Fig.7.1

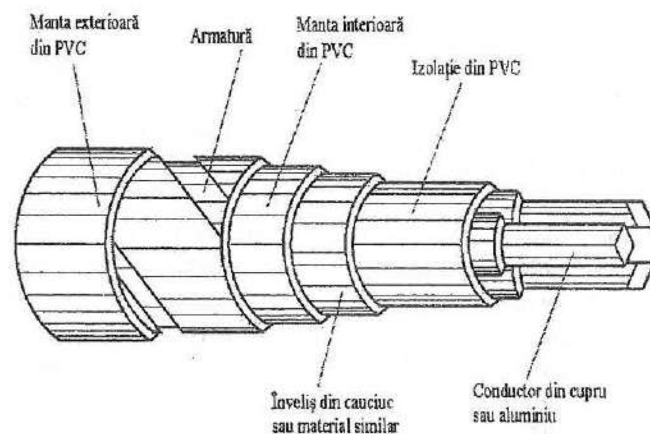


Fig.7.2

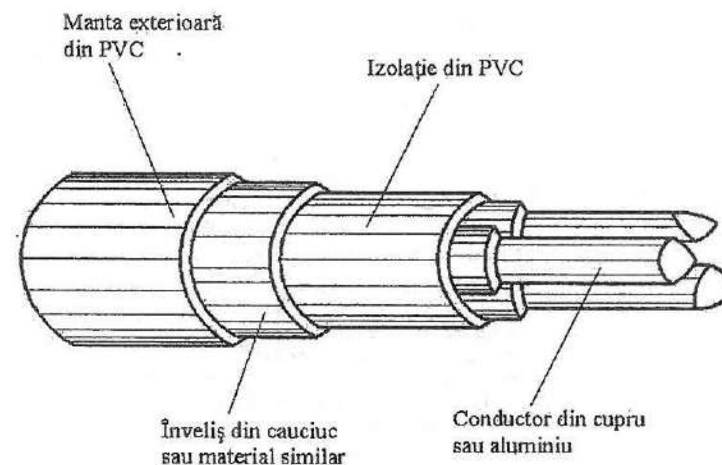


Fig.7.3

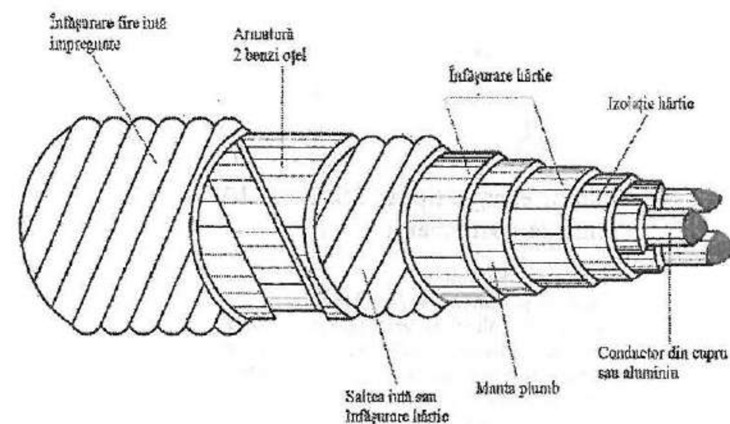
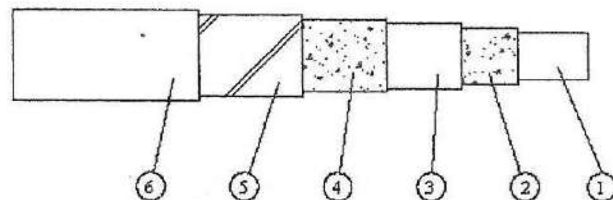


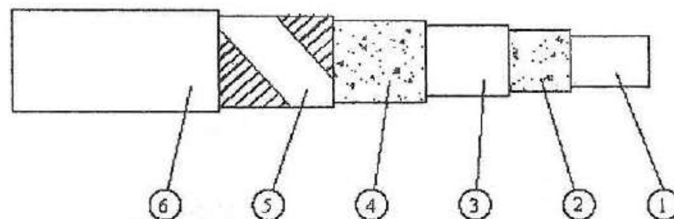
Fig.7.4



Cablu de energie tip A2YSbY - 20 kV.
Elemente componente

1. Conductor din aluminiu
2. Strat din polietilena semiconductoare
3. Izolatie din polietilena termoplastica extrudata
4. Strat din polietilena semiconductoare
5. Strat metalic din benzi de cupru
6. Manta exterioara din PVC

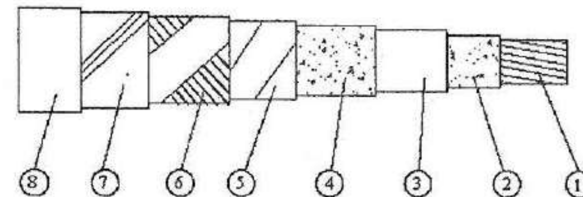
Fig.7.5



Cablu de energie tip A2YSrY - 20 kV.
Elemente componente

1. Conductor din aluminiu
2. Strat din polietilena semiconductoare
3. Izolatie din polietilena termoplastica extrudata
4. Strat din hartie semiconductoare si praf de grafit
5. Ecran metalic din sarma de cupru și o contraspira din banda de cupru
6. Manta exterioara din PVC

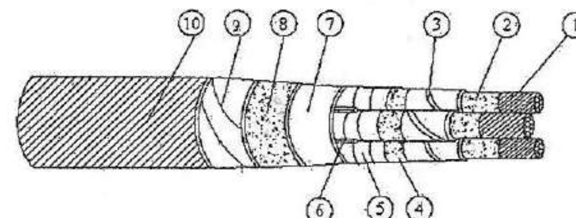
Fig.7.6



Cablu de energie tip A2YSrY - B - 20 kV
Elemente componente

1. Conductor din aluminiu multifilar compactizat
2. Strat semiconductor peste conductor, din polietilena semiconductoare extrudata, compactibila termic cu materialul de izolatie
3. Izolatie din polietilena reticulata extrudata
4. Strat semiconductor oeste izolatie, din polietilena semiconductoare extrudata, compatibila termic cu materialul de izolatie
5. Bariera la umezeala din hartie absorbanta
6. Ecran metalic din sarma de cupru si o contraspira din banda de cupru
7. Strat separator nemetalic
8. Manta de etansare si protectie exterioara din PVC, extrudata

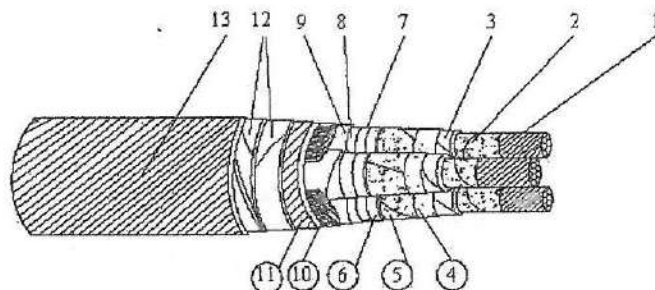
Fig. 7.7



Cablu de energie tip NAHKBA - 20 kV
Elemente componente

1. Conductor din aluminiu, de faza
2. Strat semiconductor din hartie semiconductoare
3. Izolatie din hartie impregnata in ulei
4. Strat semiconductor din hartie semiconductoare
5. Strat (ecran) din hartie metalizata
6. Umplutura de egalizare din hartie impregnata
7. Manta de etansare din plumb
8. Strat de protectie din hartie bituminata
9. Armatura din benzi de otel
10. Invelis exterior din iuta impregnata

Fig. 7.8



Cablu de energie tip AOSB - 20 kV
Elemente componente

1. Conductor din aluminiu , de faza
2. Strat semiconductor din hartie uleiata semiconductoare
3. Strat izolant din hartie impregnata in ulei izolant
4. Strat de hartie identificare faza
5. Strat semiconductor din hartie uleiata semiconductoare
6. Manta din plumb pentru fiecare faza in parte
7. Strat de bitum
8. Strat din material plastic transparent format din 2 benzi suprapuse
9. Strat din hartie
10. Umplutura intre faze , de iuta neimpregnata
11. Strat din iuta impregnata
12. Armatura dubla din benzi de otel
13. Strat (invelis) exterior din iuta impregnata

Fig. 7.9

Capitolul 8

CONSTRUCȚIA REȚELELOR ELECTRICE RURALE

8.1. Generalități. Recomandări privind alegerea sistemului de pozare a cablurilor

Soluția de realizare a unei rețele electrice cu linii electrice în cablu sau LEA se stabilește pe baza unor calcule tehnico – economice;

Rețele electrice cu linii electrice în cablu propun a se realiza în cazurile de mai jos:

- rețele unde capacitatea de transport este mai mare, peste a unei LEA, a cărei realizare duce la
creșterea suprafețelor de teren ocupate;
- în zonele aglomerate, localități și incintele unor obiective, cu circulație intensă și unde ar
prezenta pericol pentru oameni;
- în zonele de influență a unor instalații, căi ferate, telecomunicații, etc.;
- în zonele cu pericol de explozie și cele pentru alimentarea instalațiilor de stingere a incendiilor;
- rețele cu lungimea traseului mai mică de 50 m.

La proiectarea și executarea lor se vor avea în vedere următoarele:

- traseele cablurilor să fie cât mai scurte;
- să se țină cont de organizarea întregii gospodării a rețelei de cabluri, prezente și de viitor;
- să se evite traseele cu pericol de incendiu, zonele cu agenți corozivi, cele cu vibrații și cele predispuse supraîncălzirii din diverse cauze;
- să se evite pozarea în apă;

Traseele alese vor trebui să asigure accesul în cabluri, pentru lucrări şi întreţinere, pentru orice intervenţie ce se impune la acestea.

Cablurile se vor poza, instala :

- de regulă, direct în pământ şi în tuburi sau blocuri de protecţie;
- în canale şi galerii edilitare, comune cu alte instalaţii;
- aerian, folosind suporturi de susţinere, clădirile, elementele de construcţii ale halelor şi instalaţiilor tehnologice, estacade speciale pentru cabluri şi suspendate pe cabluri de tracţiune;

Alegerea soluţiei de pozare a cablurilor se face în funcţie de locul unde sunt amplasate acestea, în interior sau în exterior, de numărul cablurilor şi de condiţiile concrete, existente, ale amplasamentului acestora.

Astfel, după cele arătate mai sus, soluţiile de pozare a cablurilor electrice sunt:

- în pământ
- în aer
- pe trasee speciale

Cablurile electrice aferente obiectivelor sau instalaţiilor pot fi pozate după cum urmează:

- în fluxuri separate, pentru alimentarea de bază şi pentru alimentarea de rezervă cu energie electrică;
- în acelaşi flux, cabluri aferente a două sau mai multe obiective distincte, când cablurile alimentării de rezervă sunt separate de cele ale alimentării de bază;
- în fluxuri separate a cablurilor de energie şi a cablurilor de comandă – control şi telemecanică, inclusiv cele pentru instalaţiile de prevenire şi stingere a incendiilor şi pentru cablurile de energie de tensiuni diferite (se recomandă);

La pozarea cablurilor de energie şi comandă-control se va prevedea o rezervă de cablu pentru compensarea deformărilor şi pentru înlocuirea cutiilor terminale şi a manşoanelor, astfel:

- la terminale (capetele cablurilor) cu tensiunea de 6KV şi mai mare, indiferent de tipul cablului şi la cablurile de joasă tensiune cu izolaţie de hârtie, rezerva va fi o lungime pentru refacerea o singură dată a cutiei terminale, circa 3 m;
- la toate manşoanele, indiferent de locul de pozare şi de tip cablu, rezerva va fi o lungime pentru refacerea de două ori a manşonului, circa 5 m;

La cablurile de energie, monopolare, se impun ca măsuri suplimentare următoarele:

- pozarea celor trei faze se va face de regulă în triunghi (treflă); ele se mai pot poza prin aşezarea lor în linie;
- cablurile nu se vor poza individual în tuburi feromagnetice şi nu se vor încastra în beton cu armături ce formează spire închise în jurul fiecărei faze;
- ecranele metalice ale cablurilor se vor lega la pământ şi între ele, la ambele capete, de regulă;
- Pe trasee, la curburi, cablurile se vor poza având razele minime de curbură, cele indicate de fabrica producătoare.

Dacă acestea lipsesc, se pot folosi cele din tabelul de mai jos:

Nr. conductoare din cablu	Cablu izolat cu hârtie		Cablu izolat cu material plastic	
	Cu manta din Pb. sau Al ondulat	Manta Al netedă	$U_0 =$ 0.6KV	$U_0 >$ 0.6KV
Un conductor într-un cablu	25 x d	30 x d	15 x d	15 x d
Mai multe conductoare într-un cablu	15 x d	25 x d	12 x d	15 x d

d – diametrul cablului;

Cablurile ce alimentează consumatorii vitali nu se vor monta pe elemente combustibile ale construcţiilor m(clasele C_3 şi C_4 conform P.118). Celelalte cabluri se vor monta interpunând materiale incombustibile între ele şi materialul combustibil al construcţiei, astfel:

- straturi incombustibile de zidărie, beton, tencuială de minim 1 cm grosime sau plăci de azbest de minim 0.5 cm grosime, cu o lăţime care depăşeşte minim 3 cm periferia cablurilor;
- cablurile ce se vor monta pe elemente incombustibile, console metalice, se vor distanţa prin acestea la cel puţin 3 cm faţă de materialul combustibil;

Pozarea cablurilor se va face numai după ce sunt montate şi vopsite toate construcţiile metalice, executate legăturile la pământ şi realizate instalaţiile de semnalizare şi stingere necesare, ale gospodăriei de cabluri.

Desfăşurarea cablurilor de pe tambur şi pozarea lor se va face numai în condiţiile în care temperatura mediului ambiant este superioară limitelor minime indicate de normele de fabricaţie ale cablurilor.

La lucrări, în cazul unor temperaturi mai scăzute decât cele indicate de fabricile furnizoare, cablurile se vor încălzi.

8.2. Pozarea cablurilor în pământ

Soluţia de pozare a cablurilor cea mai des folosită este pozarea acestora în pământ.

Pozarea în pământ se poate face în două moduri:
- direct în pământ
- în tuburi de protecţie

8.2.1 Pozarea cablurilor direct în pământ

8.2.1.1.Condiţii şi materiale pentru pozarea cablurilor direct în pământ

Pozarea cablurilor direct în pământ se face respectând următoarele:

a)cablurile se vor poza în şanţuri între două straturi de nisip de circa 10 cm fiecare, peste care se pun benzi avertizoare şi/sau plăci avertizoare;

În loc de nisip se admite (unde stratul superficial e nisipos) acoperirea cablurilor cu pământ prelucrat din stratul superficial al talazului, fără bolovani, pietre sau alte corpuri străine.

Pământul se va compacta prin burare într-un strat de 10 cm grosime, realizându-se o suprafaţă netedă fără fisuri.

Plăcile avertizoare se recomandă a se utiliza pentru o protecţie mecanică suplimentară în următoarele situaţii:
- la pozarea în terenuri supuse tasărilor şi alunecărilor;
- la pozarea în locuri supuse trepidaţiilor puternice;
- la pozarea în medii cu pericol de explozie;
- la pozarea în zone aglomerate în instalaţii;
- la pozarea pe trasee izolate, nemarcate;
- la pozarea cablurilor etajat, între straturile de cabluri;
- la pozarea sub apă (numai pe maluri, sub albie, nu);
- deasupra manşoanelor.

Şanţul se umple, de regulă, cu pământul rezultat din săpătură, din care se îndepărtează toate corpurile care ar putea produce deteriorarea cablului şi care va fi bine compactat prin burare;

Profilele de şanţuri pentru pozarea cablurilor 1-20KV direct în pământ sunt cele din anexele 1, 2 şi 3.

Între cablurile cu tensiuni diferite sau cablurile de m.t, pozate în acelaşi şanţ, la distanţe între ele de până la 10 cm, se vor monta distanţoare. Acestea pot fi din materiale plastice sau cauciuc, amplasate la intervale de 1.5-2 m care să asigure distanţele minime prescrise între cabluri, distanţe din tabelul de mai jos:

Tipuri de cablu	Comandă - control	Energie 1-20KV	Ale altor unităţi (T_c, tracţiune) sau fluxuri separate
Comandă – control	Nenormat	10	50(60)
Energie 1-20KV	10	7(25)	50(60)

Distanța (în cm)
- dist.25 cm, la cablurile monofazate pozate în treflă;
- dist. 60 cm, pt. pozări la adâncimi mai mari de 1500 mm;

b) cablurile vor fi pozate, de regulă, pe partea necarisabilă a străzilor, sub trotuare, sau în zonele verzi;
- cablurile pozate pe partea carosabilă, la traversări de drumuri și în alte cazuri, se vor proteja în tuburi;

c) cablurile pozate în trotuare se vor așeza dinspre partea cu clădiri spre drum, respectând ordinea:
- cabluri de joasă tensiune, utilizări casnice;
- cabluri de m.t.;
- cabluri fir pilot;
- cabluri de iluminat public;

d) traseul cablurilor va fi materializat în planuri de situație, cu toate modificările acestuia față de proiect;

e) adâncimea de pozare în condiții normale nu va fi mai mică de :
- cabluri cu $U_n < 20KV$ .... : 0.7 – 0.8 m;
- cabluri cu $U_n > 20KV$ .... : 1 – 1.2 m;

Adâncimea de pozare se poate reduce la 0.5 m la pozarea cablurilor în incinta stațiilor electrice, pe porțiuni scurte, sub 5m, la intrarea cablurilor în clădiri, sub planșee de beton și în tuburi de protecție.

Adâncimea de pozare se poate mări, până la 1.5m, la pozarea cablurilor pe trasee paralele sau în zone de intersecție cu LEA 110 – 750KV, dacă e necesar pentru reducerea influențelor electromagnetice.

8.2.1.2. Distanțe minime între cabluri și alte obiective și instalații

Între cablurile pozate în pământ și diverse rețele, construcții sau alte obiective se respectă distanțele minime precizate.

8.2.1.3. Pozarea cablurilor în tuburi de protecție

Instalarea cablurilor în tuburi, pozate în pământ, se face pe tronsoane, prin care trebuie să se asigure:
- evitarea lucrărilor de desfacere a trotuarelor, suprafețelor pavate și a carosabilului;
- o protecție mecanică a cablurilor;
- trecerea cablurilor prin pereți, canale și galerii;

Numărul de tuburi se va stabili ținând seama de perspectiva de dezvoltare a rețelelor.

Cablurile cu funcții diferite se vor instala în tuburi diferite. Se pot instala în același tub cablurile care deservesc același aparat, cu condiția asigurării compatibilității electromagnetice. Nu se vor instala în același tub cablurile care se rezervă reciproc.

Tuburile folosite vor fi următoarele:
- tuburi din PVC, folosite cel mai des, sunt rezistente mecanic și la coroziune, cost redus;
- tuburi sau blocuri din beton; se vor folosi pentru porțiuni scurte și cu mai multe cabluri în secțiune;
- tuburi din oțel sau fontă, se vor folosi în cazuri mai speciale cu eforturi mecanice mari;

Diametrul interior al tubului trebuie să permită tragerea cablului fără risc de gripare.

Acesta va fi de 2.8 ori mai mare ca al cablului monofozat, în cazul tragerii a trei cabluri monofazate în același tub și de 1.5 ori mai mare ca al unui cablu tras într-un tub.

Tuburile se vor racorda între ele fără bavuri sau asperități.

La subtraversări a căilor de circulație se va asigura rezistența mecanică și stabilitatea necesară prin montarea lor într-un pat de beton. Extremitățile tuburilor vor fi obturate, cu interpunerea la cablurile nearmate a unui strat elastic între cablu și elementul folosit pentru obturare.

Gama acestor profile poate fi foarte mare, în funcție de numărul tuburilor în șanț, adâncimea de pozare și intersecția cu alte obiective.

8.3. Profile în şanţuri

Cablurile pozate în pământ se vor aşeza în şanţuri care vor avea diverse profile.

Tuburile (ţevile) din aceste profile sunt din PVC, cele ce se folosesc în mod curent în prezent.

Săpăturile pentru şanţuri la profilele de mai sus se execută fără sprijiniri astfel:

- până la adâncimea de 75 cm în terenuri necorozive, ca nisip, pietriş şi umpluturi;
- până la adâncimea de 125 cm, în terenuri cu coeziune mijlocie, ca argilă lutoasă, argilă cu intercalaţii;
- până la adâncimea de 200 cm în terenuri cu coeziune foarte mare, ca argilă lutoasă, argilă grasă;

Peste adâncimile de mai sus, săpăturile se vor face cu sprijiniri sau în taluz. Taluzul va fi în funcţie de adâncimea săpăturii şi de natura terenului.

Aceste săpături, sunt mai rare la pozarea cablurilor electrice, astfel încât săpăturile pentru acestea se vor executa în condiţiile de mai sus, deci profile fără sprijiniri.

8.3.1. Pozarea prin forare a tuburilor şi cablurilor

Pentru traseele de cabluri în tuburi sau fără tuburi unde se pot executa şanţuri deschise se vor poza cablurile sau tuburile pe trasee executate prin forare orizontală. Acest procedeu se foloseşte în general la subtraversări de drumuri, căi ferate şi altele, unde terenul o permite, în special în terenuri cu rambleuri evidente.

Forajul orizontal se poate realiza prin diverse procedee, şi utilaje. Prin acesta se pot poza ţevi, conducte şi cabluri. E o tehnologie care înlocuieşte săpătura.

Avantajele forării orizontale la pozarea cablurilor sunt:

- protejează mediul, nu sunt şanţuri deschise, nu distrug rădăcinile şi nu necesită suprafeţe de depozitare;

- protejează populaţia, nu este gălăgie, mizerie, nu deranjează traficul;
- economic, are productivitate mare, e fără cheltuieli de, prin blocarea circulaţiei rutiere sau feroviare şi de reparări de străzi sau trotuare.

8.3.2. Pozarea cablurilor în aer

O a doua posibilitate de instalare a cablurilor e soluţia de pozare în aer, soluţie folosită în zonele construite, orăşeneşti, aglomerate şi industriale.

8.3.3. Reguli de pozare a cablurilor în aer

Cablurile se por poza în aer în interiorul construcţiilor şi în construcţii speciale pentru cabluri.

Pentru fiecare caz de mai sus se impun o serie de reguli ce trebuiesc respectate şi care se vor arăta mai jos:

8.3.3.1. Pozarea cablurilor în interiorul construcţiilor

La pozarea cablurilor în interiorul construcţiilor se impun a se respecta următoarele:

- amplasarea cablurilor se face în aşa fel încât să fie posibilă intervenţia pentru întreţinere, remediere avarii şi în caz de incendii;
- cablurile vor fi instalate pe stelaje, pereţi, în tuburi de protecţie şi în jgheaburi;
- traseele cablurilor să fie în spaţii ferite acţiunilor de orice fel din exterior;
- în încăperile tehnologice se vor amenaja canale de cabluri acolo unde nu sunt scurgeri de fluide combustibile;

Acolo unde se vehiculează fluide combustibile, cablurile trebuie să deservească construcţiile tehnologice din acele încăperi, luându-se şi următoarele măsuri:

a) cablurile se vor monta aparent sau în țevi de protecție;

b) se pot folosi cabluri nearmate, omologate pentru medii cu pericol de explozii și nu există pericole de deteriorări mecanice.

c) trecerea prin pereți și planșee a cablurilor se va etanșa prin izolări rezistente la foc.

- în spații cu depuneri solide de combustibil, cablurile se vor poza în canalizări etanșe, jgheaburi pentru cablurile de comandă-control și tuburi pentru cablurile de energie;

- în canale sau galerii tehnologice se vor poza numai cablurile care deservesc instalațiile din acestea sau sunt destinate instalațiilor deservite prin acestea; la ieșirea din ele se vor prevedea etanșări rezistente la foc;

- în depozite și în spații circulate se va evita trecerea cablului. În caz contrar, cablurile se vor proteja împotriva deteriorărilor mecanice și a pericolului de incendiu. Protecția împotriva incendiilor se face prin acoperirea cablurilor cu elemente incombustibile cu rezistența la foc de minim 1.5 ore sau nu se face dacă depozitele au instalații automate de semnalizare și de stingere a incendiilor;

- la instalarea cablurilor de telemecanică se va avea în vedere și normativul I.18 "Normativ pentru proiectarea instalațiilor interioare de telecomunicații în clădiri civile și industriale".

8.3.4. Pozarea cablurilor în exteriorul construcțiilor

La pozarea cablurilor în exteriorul construcțiilor se impun a se respecta, după caz , următoarele:

a) pozarea aeriană a cablurilor se poate face:

- pe elemente de construcție cu altă destinație decât montarea cablurilor - sub sau pe partea laterală a podurilor și a pasarelelor - pe pereții clădirilor - pe estacadele altor instalații etc.; În acest caz se vor face verificări din punct de vedere mecanic și al pericolului de incendiu al acestor elemente.

Cablurile pozate sub conducte, indiferent de natura lor, se vor proteja în dreptul ventilelor, locurilor de purjare, flanșelor și a mufelor cablurilor, la conductele obișnuite și pe toată lungimea de coexistență la conductele cu fluide inflamabile. Se vor evita traseele de cabluri pe construcții sau în apropierea lor, trasee care alimentează consumatorii vitali, pentru a nu fi afectate în caz de incendii. Dacă nu se pot evita aceste trasee, se vor lua măsuri de protecție, ca ecrane incombustibile, trasee în afara suprafețelor expuse la foc.

b) pozarea pe construcții special amenajate a cablurilor, ca, estacade cu stelaje de cabluri, jgheaburi metalice închise, plase de sârmă, cabluri purtătoare, etc.

În aceste situații se vor asigura gabaritele necesare la supratraversările căilor de circulație.

c) elementele de susținere a cablurilor se vor lega la pământ, prin părțile metalice ale construcțiilor, cu excepția conductelor de fluide inflamabile;

d) la pozarea cablurilor pe stâlpii LEA sau pe ziduri, acestea se vor proteja mecanic, în țevi de protecție și se vor amplasa ferit de zonele de circulație și de acțiunea razelor solare, asigurându-se la baza acestora o rezervă de cablu.

În cazul cablurilor cu înveliș exterior combustibil (iută, bitum) acestea se vor curăța de ele și se vor proteja anticoroziv.

8.3.5. Pozarea cablurilor în construcții speciale pentru cabluri, poduri, galerii, canale, puțuri etc.

La pozarea cablurilor în aceste construcții special amenajate se impun a se respecta următoarele:

- în podurile și subsolurile de cabluri, acestea vor fi pozate pe rastele sau paturi de cabluri, pe pereți sau pe pardoseală, în ultimul caz cu protejare mecanică;

- în canale și galerii de cabluri, acestea vor fi pozate pe rastele sau paturi de cabluri. Cablurile de comandă-control și de telemecanică pot fi pozate în straturi suprapuse în canale

fără rastele şi pe fundul acestora, dar nu în canale cu adâncimi mai mari de 1 m;

În cazuri deosebite se pot monta în aceste canale şi galerii, conducte tehnologice, dar numai pe porţiunile de traversare cu măsuri de protejare a cablurilor, nu se vor monta robinete, flanşe, racorduri pentru aparate şi nu se vor face suduri pe conducte, iar conductele cu fluide combustibile se vor introduce în tuburi de protecţie.

În situaţiile de mai sus, cablurile vor deservi numai instalaţiile de iluminat, ventilaţie semnalizare, de stingere a incendiilor din construcţia respectivă şi echipamente respectiv materiale, ca, şir de cleme, reglete de conexiuni incombustibile sau greu combustibile, dulapuri închise cu aparataj de comandă şi control, căi de curent sau aparataj de comutaţie, conducte de aer comprimat pentru deservirea aparatajului electric, sau pentru încercarea instalaţiilor fixe de stingere cu apă.

8.4. Date privind pozarea cablurilor

La pozarea cablurilor în aer se vor avea în vedere următoarele:

8.4.1. Distanţa de rezemare şi fixare a cablurilor

Distanţele dintre două puncte succesive de rezemare (montaj orizontal) şi respectiv de fixare (montaj vertical) se aleg în funcţie de tipul cablului, în conformitate cu indicaţiile fabricantului acestuia.

În lipsa acestora, distanţele maxime vor fi cele de mai jos:

Tipul Cablului	Distanţa (cm)	
	Montaj Orizontal	Montaj Vertical
Nearmat	50	100
Armat	80	150

8.4.2. Distanţele de pozare pe rastele

Distanţele necesare de pozare a cablurilor de energie pe rastele, ţinând cont de încărcarea acestora, fără a avea influenţe termice între ele, sunt cele date în fig. 1a.

În cazurile unor spaţii restrânse pentru pozarea cablurilor, se vor putea poza la distanţe mai reduse, a căror valori minime sunt date în fig.1b., cu reducerea corespunzătoare a încărcării acestora.

Cablurile din grupe distincte de tensiune sau de utilizare (energie, comandă-control, telematică) şi cablurile fără întârziere la propagarea flăcării, admise, a fi pozate în interiorul clădirilor, vor fi amplasate, de regulă, pe rastele diferite.

În cazuri obligate se pot poza pe acelaşi rastel cabluri de mai sus, în condiţiile în care între grupele de cabluri se asigură o distanţă minimă :"A", având valoarea:

A = 25 cm, în cazul grupelor de cabluri cu tensiuni sau utilizări diferite;

A = 15 cm, în cazul grupelor de cabluri cu şi fără întârziere la propagarea flăcării;

Distanţa "A" se admite a fi redusă în următoarele cazuri:

- pe fluxurile mari de cabluri, când se vor lua măsuri de izolare sau separare a grupelor de cabluri şi când nu trec prin acestea curenţi maximi de durată peste 10 A.
- pe derivaţiile din fluxurile mari de cabluri, spre receptorul singular;

Cablurile de energie se pot poza în straturi, sau împreună cu cele de comandă-control sau telemecanică în următoarele cazuri:

- când curenţii maximi de durată în cablurile de energie sunt mai mici de 10A;
- pe distanţe scurte (sub 2 m) cu condiţia ca între straturi să se intercaleze materiale rezistente la foc 30 minute;

8.4.3. Distanţe de pozare pe pereţi şi pe pardosele

Distanţele necesare de pozare a cablurilor de energie în aceste situaţii sunt cele date în fig.2a şi 3a.

În cazurile unor spaţii restrânse, pozarea lor se va face respectând valorile minime date în fig. 2b şi 3b.

8.4.4. Distanţe privind culoarele de circulaţie şi spaţiile de montaj

Aceste distanţe se impun la pozarea cablurilor în spaţiile de producţie, când sunt montate liber şi nu sunt pericole de deteriorare mecanică.

Distanţele pe orizontală şi pe verticală în aceste cazuri faţă de culoarele de circulaţie sunt cele date în fig. 8a., iar dimensiunile culoarelor nu vor fi mai mici decât cele date în fig. 8b.

În cazul construcţiilor necirculabile de cabluri sau a cablurilor montate sub tavane, se vor asigura distanţe minime pentru montaj şi întreţinere, ca şi cele din fig. 8c.

8.4.5. Distanţe de protejare mecanică

La trecerea cablurilor din pământ în aer şi la trecerea cablurilor prin fundaţii sau planşee, acestea se vor proteja mecanic, astfel:

- pe o înălţime minimă de 0.5m, în spaţii de producţie, când avem cabluri armate şi spaţii fără pericole de deteriorări mecanice;
- pe o înălţime de 2m, în spaţii de producţie cu pericole de deteriorări mecanice, în cazul utilizării cablurilor nearmate şi în exteriorul incintelor, pe stâlpii LEA.

Indicat este ca trecerea prin planşee să se facă fără tuburi de protecţie, când utilajele unde ajung cablurile asigură protecţia lor.

8.4.6. Distanţe faţă de instalaţii tehnologice

La pozarea cablurilor în spaţiile de producţie sau alte spaţii cu diverse instalaţii tehnologice se vor respecta distanţele minime faţă de acestea, distanţe date în tabelul 2.

8.5. Pozarea cablurilor în situaţii specifice

8.5.1. Pozarea cablurilor sub apă

Pozarea cablurilor sub apă o întâlnim la subtraversarea râurilor, canalelor navigabile şi nenavigabile, canalelor hidrotehnice, lacurilor, etc.;

Ele se vor poza în zone supuse cât mai puţin eroziunii malurilor, în afara debarcaderelor, danelor, în locurile de parcare a navelor.

Pozarea se va face pe fundul apei, în aşa fel încât cablurile să nu rămână suspendate, ocolindu-se obstacolele subacvatice, sau vor fi amenajate treceri între acestea.

Soluţia de pozare şi adâncimea sub apă se stabileşte în funcţie de deschiderea şi adâncimea. La râurile şi canalele navigabile, unde se execută periodic lucrări de adâncire a fundului, cablurile se pozează la cota fixată de unităţile transportului fluvial.

La râurile mari pozarea cablurilor se recomandă a se face sub albia acestora, în tuburi sau ţevi, prin fixarea acestora la adâncimile de mai sus, cu ajutorul unor greutăţi-lesturi din beton armat şi piloţi din lemn care vor consolida poziţia tubului sau ţevii în care aste cablul.

Prelungirea albiei se va face prin executarea de săpături cu draglina, fără devierea râului;

Închiderea şanţului în care se pozează tuburile sau ţevile se va face de către râu, prin colmatarea acestuia, funcţie de aluviunile pe care le va aduce apa.

Condiţiile de pozare a cablurilor, vor fi următoarele:

- trecerile cablurilor sub apă trebuiesc marcate pe maluri cu borne;
- pe ambele maluri se vor lăsa rezerve de cel puţin 10 m lungime de cablu la râuri şi de 30 m la fluvii;
- distanţa minimă între două cabluri cu tensiunea sub 110 kV va fi de 250 mm;
- se interzic încrucişările cablurilor sub apă;

- pentru liniile în cablu peste 1 kV, se stabileşte o zonă de protecţie cu o lăţime de 200 m, 100 m de fiecare parte a traversării unde nu se va construi nimic şi nu se vor depozita materiale;

Aceste zone, la râuri, canale navigabile, vor fi marcate cu instalaţii de balizaj.

- în locurile unde albia şi malul se erodează se vor lua măsuri împotriva dezvelirii cablurilor, prin consolidarea malurilor, prin pavaje, diguri, piloni, plăci, etc.;
- protecţie mecanică suplimentară se va face la cablu numai până la malurile albiei, sub albie nu;

8.5.2. Pozarea cablurilor în galeriile cu apă din instalaţii hidrotehnice

Se pot poza cabluri în aceste galerii dacă e posibilă verificarea lor şi a punctelor de suspendare a cablurilor, prin golirea galeriei şi unde curentul de apă nu este puternic.

La pozarea cablurilor se va ţine cont de următoarele:

- prinderea cablurilor pe pereţii galeriilor cu apă permanent se va face cu bride protejate la coroziune. Nu se vor folosi rastele sau suporturi pentru mai multe cabluri în consolă. Se vor folosi rastele sau suporturi în galeriile care pot fi sub apă accidental.
- se recomandă a se evita manşoanele de legătură în galerii;
- la trecerea prin pereţii galeriilor cu apă, cablurile vor fi etanşate prin ţevi cu presetupă sau alte elemente asemănătoare;
- cablurile se vor marca prin benzi colorate diferit în galeriile cu apă;
- suporturile de prindere şi bridele vor fi legate la pământ prin armătura construcţiei sau printr-o centură specială;

8.5.3. Pozarea cablurilor în galerii şi puţuri de acces în instalaţii energetice subterane

Pozarea cablurilor în instalaţiile energetice subterane se face de regulă în galerii de cabluri destinate acestui scop.

Se pot poza cablurile şi în galerii, tuneluri şi puţuri, de acces (acces auto, pietonal - public), luându-se măsuri de protecţie la instalarea acestora.

Măsurile ce se impun sunt următoarele:

- traseul cablurilor va fi separat de calea rutieră, cu pereţi sau membrane de protecţie, rezistente mecanic sau la foc, respectându-se condiţiile de pozare arătate;
- în galeriile cu acces de persoane, cablurile se pozează asigurându-se lăţimea spaţiului de circulaţie pe lângă console sau rastele de minim 1.5 m, la lungimea galeriei de peste 100 m;
- în tuneluri sau alte spaţii cu acces de public cablurile se vor poza luându-se măsuri de protecţie suplimentare. În acest caz , ele se vor poza în nişe, traseele lor vor fi separate cu plase de sârmă, etc. Dacă există şi pericol de incendiu se vor prevedea şi protecţii prin elemente rezistente la foc, 1.5 ore, când nu sunt prevăzute instalaţii automate de semnalizare sau de stingere a incendiilor;
- în puţurile de acces cu scări sau lift cablurile se pozează pe rastele speciale în acest scop şi cu măsuri de separare cu elemente rezistente la foc, 1.5 ore.

BIBLIOGRAFIE

1. Alexiu, I., ş.a. – *Relee electronice*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1962;
2. Andrei, H., Popovici, D. – *Electrotehnica şi aplicaţiile ei*, Ed. Printech, Bucureşti, 1997;
3. Andrei, H., Popovici, D. – *Teoria circuitelor electrice în regim sinusoidal şi aplicaţiile ei*, Ed. Printech, Bucureşti, 1999;
4. Andrei, H., Stan, M.F., ş.a. – *Bazele electrotehnicii – Îndrumar modern de laborator. Simulări în SPICE şi programe în C++*, Ed. Bibliotheca, Târgovişte, 2001;
5. Antoniu, M. – *Măsurări electrice*, Ed. „Gh. Asachi", Iaşi, 1995;
6. Braşovan, I.; Gherman, G. – *Măsurarea mărimilor electrice şi electronice*, Ed. Facla, Timişoara, 1978;
7. Bulgakov, A. A. –*Dispozitive electronice de comandă automată*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1962;
8. Călin, S. – *Regulatoare automate*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1967;
9. Ceangă, E. – *Electronică industrială*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1982;
10. Curelaru, Al. – *Probleme de staţii şi reţele electrice*, Ed. Scrisul Românesc, Craiova, 1979;
11. Dascălu, D., ş.a. – *Circuite electronice*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1981;
12. Dănilă, Th.; Cupcea, N. – *Amplificatoare operaţionale*, Ed. Teora, Bucureşti, 1994;
13. Dordea, R.; Nitu, C. – *Aparate şi metode de măsurat şi control*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1976;
14. Dumitrache, I. ş.a. – *Automatizări şi echipamente elctronice*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1982;
15. Gavrilă, H. – *Electrotehnică şi echipamente electrice*,vol. I, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1993;
16. Gavrilă, H. – *Electrotehnică şi echipamente electrice*,vol. II, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1993;
17. Hortopan, Gh. – *Aparate electrice de comutaţie*, vol. I şi II, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1996;

18. Hortopan, Gh., Cosmin, Gh., Huhulescu, M., Panaite, V., Simulescu, D., Tomoiagă, R. – *Aparate electrice de joasă tensiune*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1969;
19. Hortopan, Gh., Pavelescu, D., Truşcă, V., Vlase, I.O., ş.a. – *Întreruptor ultrarapid de curent continuu echipat cu declanşator de pantă de curent*, Buletinul Institutului Politehnic Bucureşti, Seria Energetica, Tomul L I, anul 1989, pag. 23-34;
20. Iliescu, C ş.a. – *Măsurări electrice şi electronice*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1983;
21. Iordache, M., Dumitriu, L. – *Teoria modernă a circuitelor electrice*, vol. I şi II, Ed. All, Bucureşti, 2000;
22. Ion, M. – *Instalaţii şi echipamente electrice. Ghid teoretic şi practic*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1996;
23. Ionescu, G. – *Măsurări şi traductoare*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1985;
24. Iordache, M., Conecini, I. – *Calitatea energiei electrice*, Ed. Tehnică, 1997;
25. Maiorov, F.V. – *Regulatoare electronice*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1960;
26. Manomescu, P; Golovanov, C. – *Măsurări electrice şi electronice*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1979;
27. Milea, A – *Măsurări electrice. Principii şi metode*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1981;
28. Mocanu, C.I. – *Bazele electrotehnicii. Teoria câmpului electromagnetic*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1991;
29. Moseanu, A. – *Redresoare cu siliciu*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1966;
30. Nicolaide, A. – *Bazele fizice ale electrotehnicii*, vol. I şi II, Ed. Scrisul Românesc, Craiova, 1983;
31. Nitu, C., ş.a. – *Echipamente electrice şi electronice de automatizare*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti 1983;
32. Constantin, P.V.: *Electronică*. Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1968
33. Palade, D. – *Traductoare şi senzori*, UPB, 1994;
34. Pastere, E. – *Aparate electrice şi electronice din laboratoarele industriale*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1961;
35. Popescu, S. – *Instalaţii electrice pentru alimentarea consumatorilor*, Ed. Macarie, Târgovişte 1998;
36. Preda, M., Cristea, P., Spinei, F. – *Bazele electrotehnicii*, vol. I şi II, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1980;

37. Racoveanu, N.; Dumitrescu, I – *Electrotehnică şi electronică*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1965;
38. Simonyi, K. – *Electrotehnica teoretică*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1974;
39. Stan, M.F.; Vîrjoghe, O.E. – *Implicaţii ale regimului nesimetric şi(sau) deformant asupra reţelelor electrice*, Al IV-lea Simpozion Naţional „Calitatea energiei electrice", Târgovişte, 4-5 octombrie, 2001;
40. Stan, M.F., Vîrjoghe, E.O., Husu, A.G. – *Elemente fundamentale de inginerie electrică*, Ed. Bibliotheca, Târgovişte 2004;
41. Stan, M.F., Vîrjoghe, E.O., Ionel, M., Husu, A.G., Vlădescu, C. – *Tratat de inginerie electrică*, vol. 1 şi 2, Ed. Bibliotheca, Târgovişte 2005;
42. Steinberg, C. – *Teoria şi proiectarea aparatelor electrice*, vol. I, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1964;
43. Stere, R. – *Dispozitive semiconductoare*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1964;
44. Şora, C. – *Bazele electrotehnicii*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti, 1982;
45. Timotin, A.; Hortopan, V.; Ifrim, A.; Preda, M. – *Lecţii de bazele electrotehnicii*, Ed. Didactică şi Pedagogică, Bucureşti;
46. Truşcă, V., Popescu, F.D., Paruschi, V.D. – *O nouă variantă de dispozitiv de stingere pentru contactoare de curent continuu tip L.D.E.*, Electrotehnica 34, nr.3, 1986, pag.128;
47. Ţugulea, Andrei – *Câmpul electromagnetic?*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1994;
48. Ursea, P.C., Rouădedeal, F, Ursea, B.P. – *Electrotehnică aplicată*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1995;
49. Wagner, B. – *Amplificatoare electronice pentru instalaţiile de comandă şi reglare*, Ed. Tehnică, Bucureşti, 1960;